

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Milan Glumac

Zagreb, 2013. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Zvonko Herold, dipl. ing.

Student:

Milan Glumac

Zagreb, 2013. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru rada Prof. Dr. Sc. Zvonku Heroldu i asistentu Matiji Hoiću, mag. ing. mech. na pomoći, strpljenju i vodstvu pri izradi ovog završnog rada, te svojoj obitelji i prijateljima na iskazanoj na podršci i razumjevanju.

Milan Glumac



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Mat. br.:

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

Naslov rada na
engleskom jeziku:

Opis zadatka:

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VI
POPIS OZNAKA	VIII
SAŽETAK.....	X
SUMMARY	XI
1. UVOD.....	1
2. ANALIZA POLUŽNOG MEHANIZMA	4
2.1. Osnovni geometrijski odnosi dužina i kuteva	4
2.1.1. Odnos kutova α i β	4
2.1.2. Odnos kutova γ i α	5
2.1.3. Ovisnost stranice c o kutu α (položaj mehanizma)	5
2.1.4. Bezdimenzijski hod mehanizma	5
2.2. Uvjeti ravnoteže mehanizma.....	7
2.2.1. Mehanizam sa faktorom $\xi > 1$	7
2.2.2. Mehanizam sa faktorom $\xi = 1$	9
2.2.3. Mehanizam sa faktorom $\xi < 1$	11
2.3. Utjecaj odnosa duljina polužja i položaja težišta na sile u mehanizmu	14
2.3.1. Utjecaj odnosa duljina polužja na sile u mehanizmu	17
2.3.2. Utjecaj položaja težišta polužja na sile u mehanizmu.....	17
2.4. Zaključak analize	17
2.4.1. Utjecaj omjera polužja na hod mehanizma i silu u poluzi F_p	19
2.4.2. Utjecaj omjera polužja na mehanizam sa pomičnim osloncem A	19
2.4.3. Utjecaj omjera polužja na mehanizam sa pomičnim osloncem B	20
3. ODABIR MATERIJALA ZA IZRADU SUNCOBRAHA.....	21
3.1. Odabir materijala stalka	21
3.2. Odabir materijala stupa	22
3.3. Odabir materijala nosača pokrova i polužja.....	23
3.4. Odabir materijala pokrova	23
4. PRORAČUN MEHANIZMA I NOSIVE KONSTRUKCIJE.....	24
4.1. Mehanizam za podizanje.....	24
4.1.1. Dimenzioniranje užeta za podizanje	24
4.1.2. Dimenzioniranje užnice	24
4.1.2.1. Dimenzije žlijebe užnice.....	24
4.1.2.2. Glavne mjere užnice	25
4.1.2.3. Ležaj užnice	26
4.1.3. Proračun nosive konstrukcije koloturnika.....	27
4.1.3.1. Dimenzioniranje zavora nosive konstrukcije koloturnika.....	29
4.1.3.2. Dimenzioniranje zavora lima za zavješanje užeta	33

4.1.3.3.	Dimenzioniranje zavora skretne užnice	35
4.1.3.4.	Kontrola naprezanja osovine užnice	37
4.1.3.5.	Kontrola pritiska osovine užnice na vanjski obruč	37
4.1.3.6.	Kontrola pritiska imbus vijaka na glavni stup suncobrana	38
4.2.	Dimenzioniranje nosača platna i poluga mehanizma	39
4.2.1.	Dimenzioniranje nosača platna	40
4.2.2.	Dimenzioniranje poluga mehanizma	42
4.2.2.1.	Površina i masa platna	42
4.2.2.2.	Položaj težišta nosača i platna	42
4.2.2.3.	Duljine poluga mehanizma	44
4.2.3.	Određivanje sila u mehanizmu	45
4.2.3.1.	Sile u osloncima pri otvaranju suncobrana	45
4.2.3.2.	Sile u osloncima pri otvorenom položaju uz opterećenje vjetrom	50
4.2.3.	Kontrola naprezanja u nosačima platna uz opterećenje vjetrom	52
4.2.3.1.	Kontrola naprezanja bočnih nosača	54
4.2.3.2.	Kontrola naprezanja dijagonalnih nosača	55
4.2.4.	Kontrola poluga na izvijanje uz opterećenje vjetrom	55
4.2.4.1.	Izvijanje oko osi x	55
4.2.4.2.	Izvijanje oko osi y	56
4.2.5.	Dimenzioniranje zavora spojnih limova poluga i nosača	57
4.2.5.1.	Kontrola naprezanja u zavarima pri otvaranju suncobrana	57
4.2.5.2.	Kontrola naprezanja u zavarima u otvorenom položaju uz opterećenje vjetrom	61
4.3.	Dimenzioniranje zavora postolja	62
4.3.1.	Opterećenje postolja	62
4.3.1.1.	Težina sklopa	62
4.3.1.2.	Opterećenje vjetrom u otvorenom položaju	62
4.3.1.3.	Opterećenje vjetrom u zatvorenom položaju	62
4.3.2.	Dimenzioniranje zavora temeljne pločice	63
4.3.3.	Dimenzioniranje zavora spoja U profila na uložnu cijev	64
4.3.3.1.	Karakteristike presijeka zavora	64
4.3.3.2.	Kontrola naprezanja u zavarima	66
4.3.4.	Dimenzioniranje zavora spoja U profila na okvir	68
4.3.4.1.	Karakteristike presijeka zavora	68
4.3.4.2.	Kontrola naprezanja u zavaru	70
4.3.5.	Dimenzioniranje zavora okvira postolja	70
4.4.	Kontrola naprezanja u nosačima postolja	72
4.4.1.	Kontrola naprezanja U profila	72
4.4.2.	Kontrola naprezanja okvira postolja	72
4.4.2.1.	Kontrola smičnog naprezanja u okviru	72
4.4.2.2.	Kontrola savojnog naprezanja u okviru	73
4.4.2.3.	Kontrola reduciranog naprezanja	74
4.5.	Kontrola naprezanja u glavnom stupu	74
4.6.	Kontrola stabilnosti suncobrana	74
4.7.	Kontrola vremena potrebnog za otvaranje suncobrana	75
5.	ZAKLJUČAK	76
	LITERATURA	77
	PRILOZI	78

POPIS SLIKA

Slika 1.	Oblici pokrova suncobrana.....	1
Slika 2.	Klasična i teleskopirajuća izveba suncobrana	2
Slika 3.	Mehanizam za otvaranje suncobrana	2
Slika 4.	Suncobran viseće izvedbe	3
Slika 5.	Suncobran Bahama Magnum površine 95 m ²	3
Slika 6.	Suncobran opremljan grijalicama i rasvjetom	3
Slika 7.	Geometrija mehanizma.....	4
Slika 8.	Bezdimenzijski hod mehanizma.....	6
Slika 9.	Mehanizam sa faktorom $\xi > 1$	7
Slika 10.	Mehanizam sa faktorom $\xi = 1$	9
Slika 11.	Mehanizam sa faktorom $\xi < 1$	11
Slika 12.	Omjer sile u poluzi i sile G u funkciji koordinate α	15
Slika 13.	Omjer sile F_{Az} i sile G u funkciji koordinate α	15
Slika 14.	Omjer sile F_{Bz} i sile G u funkciji koordinate α	16
Slika 15.	Omjer sila F_{Ay} i F_{By} u funkciji koordinate α	16
Slika 16.	Mehanizam sa pomičnim osloncem A.	18
Slika 17.	Mehanizam sa pomičnim osloncem B.....	18
Slika 18.	Shema glavnih dijelova suncobrana	21
Slika 19.	Profil užnice	25
Slika 20.	Oblik i mjerna skica užnice	25
Slika 21.	Ležaj užnice.....	27
Slika 22.	Shema koloturnika.....	27
Slika 23.	Nosiva konstrukcija nepomičnog bloka	29
Slika 24.	Presjek zavora a_1	31
Slika 25.	Presjek zavora a_2	33
Slika 26.	Lim za zavješanje užeta.....	33
Slika 27.	Presjek zavora a_3	35
Slika 28.	Nosivi limovi skretne užnice	35
Slika 29.	Presjek zavora a_4	37
Slika 30.	Uležištenje užnice.....	38
Slika 31.	Veza nepomičnog bloka sa stupom	39
Slika 32.	Pogled B	41
Slika 33.	Tlocrt platna	41
Slika 34.	Pogled D	41
Slika 35.	Pogled A	42
Slika 36.	Polužni mehanizam	46
Slika 37.	Minimalna sila ručna sila pri otvaranju	47
Slika 38.	Sila F_{Az} u funkciji koordinate h	48
Slika 39.	Sila F_{Bz} u funkciji koordinate h	48
Slika 40.	Sile F_{Ay} i F_{By} u funkciji koordinate h	49
Slika 41.	Sila u poluzi a u funkciji koordinate h	49
Slika 42.	Opterećenje vjetrom	51

Slika 43.	Nosač platna	53
Slika 44.	Presjek nosača platna.....	54
Slika 45.	Izvijanje oko osi y	56
Slika 46.	Izvijanje oko osi x	56
Slika 47.	Opterećenje spojnih limova A, B, C.....	57
Slika 48.	Naprezanje zavaru oslonca A	60
Slika 49.	Naprezanje zavaru oslonca B	60
Slika 50.	Naprezanje zavaru spojišta C	60
Slika 51.	Opterećenje postolja	63
Slika 52.	Spoj U profila i temeljne pločice na uložnu cijev	64
Slika 53.	Podjela zavaru na pravokutne površine.	65
Slika 54.	Raspodjela naprezanja u zavarima a_2 i a_3	67
Slika 55.	Spoj U profila na okvir postolja	68
Slika 56.	Podjela presjeka zavaru na pravokutne površine.....	68
Slika 57.	Položaj neutralne osi zavaru	69
Slika 58.	Spoj profila okvira na čahuru	71
Slika 59.	Presjek profila okvira	73
Slika 60.	Nagib bočnog nosača u funkciji položaja.....	75

POPIS TABLICA

Tabela 1.	Boja i tip linije grafova.....	14
Tabela 2.	Materijali pokrova	23

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
SK-X/X/X/X-000	Suncobran
SK-0/X/X/X-001	Stalak
SK-0/X/X/X-002	Stup
SK-0/X/X/X-003	Klizni oslonac
SK-0/X/X/X-004	Fiksni oslonac
SK-0/X/X/X-005	Bočni nosač
SK-0/X/X/X-006	Dijagonalni nosač
SK-3/X/X/X-007	Nosiva konstrukcija kliznog oslonca
SK-4/X/X/X-008	Nosiva konstrukcija fiksnog oslonca
IK-0/3/4/X-009	Užnica
IK-0/X/X/X-010	Poluga tip 1
IK-0/X/X/X-011	Poluga tip 2
IK-0/X/X/X-012	Graničnik
IK-0/X/X/X-013	Šešir
IK-0/X/X/X-014	Noga
IK-0/X/X/X-015	Uteg
IK-7/X/X/X-016	Središnja cijev tip 1
IK-7/8/X/X-017	Obruč
IK-5/6/7/8-018	Zglobni lim
IK-7/8/X/X-019	Spojni lim tip 1
IK-8/X/X/X-020	Središnja cijev tip 2
IK-8/X/X/X-021	Ovjesni lim
IK-2/X/X/X-022	Centralni nosač
IK-2/X/X/X-023	Nosač užnice
IK-2/X/X/X-024	Šipka za namotavanje
IK-2/X/X/X-025	Nosač šešira
IK-2/X/X/X-026	Spojni lim tip 2
IK-1/X/X/X-027	U profil stalka
IK-1/X/X/X-028	Temeljna pločica

IK-1/X/X/X-029	Čahura
IK-1/X/X/X-030	Nosač utega
IK-1/X/X/X-031	Cijev okvira
IK-1/X/X/X-032	Rebro
IK-1/X/X/X-033	Uložna cijev
IK-5/X/X/X-034	Nosač tip 1
IK-6/X/X/X-035	Nosač tip 2
IK-3/X/X/X-036	Klizni cilindar
IK-3/4/X/X-037	Osovina
IK-0/X/X/X-038	Platno

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
α	°	Kut nagiba nosača platna
a	m	Dužina poluge a
b	m	Dužina poluge b
β	°	Kut nagiba poluge a
γ	°	Kut između poluga a i b
c	m	Dužina između oslonaca A i B
H	m	Hod mehanizma
c_{\max}	m	Maksimalna dužina između oslonaca A i B
c_{\min}	m	Minimalna dužina između oslonaca A i B
α_{\max}	°	Maksimalni kut nagiba nosača platna
α_{\min}	°	Minimalni kut nagiba nosača platna
α_{\max}	°	Maksimalni kut nagiba poluge a
α_{\min}	°	Minimalni kut nagiba poluge a
λ		Odnos polužja b/a
ξ		Odnos dužuna t/b
t	m	Položaj težišta
G	N	Težina platna i nosača
F_{Az}	N	Reakcija u osloncu A u smjeru osi z
F_{Ay}	N	Reakcija u osloncu A u smjeru osi y
F_{Bz}	N	Reakcija u osloncu B u smjeru osi z
F_{By}	N	Reakcija u osloncu B u smjeru osi y
M_C	Nm	Moment oko točke C
F_P	N	Sila u poluzi a
F_o	N	Sila otvaranja suncobrana
F_g	N	Težina translacijskih masa
α_e	°	Kut ravnotežnog položaja mehanizma
F_r	N	Ručna sila
d_u	mm	Promjer užeta
F_u	N	Sila u užetu
h	mm	Visina žlijeba užnice
h_{\min}	mm	Minimalna visina žlijeba užnice
a, b	mm	Dimenzije žlijeba užnice
D_k	mm	Promjer užnice
c_p		Faktor broja pregiba užeta

d_{os}	mm	Promjer osovine užnice
M_x	Nmm	Moment savijanja oko osi x
S		Faktor sigurnosti
$\sigma_{f\ dop}$	N/mm ²	Dopušteno savojno naprezanje
R_e	N/mm ²	Granica elastičnosti
C	kN	Dinamička nosivost ležaja
C_0	kN	Statička nosivost ležaja
$\eta_{k, r}$		Stupanj korisnog djelovanja koloturnika u radnom stanju
η_0		Stupanj korisnog djelovanja ležaja
η_{uk}		Stupanj korisnog djelovanja mehanizma
a_i	mm	Debljina i -tog zavora u spoju
$a_{i\ max}$	mm	Maksimalna dopuštena veličina i -tog zavora u spoju
t_{min}	mm	Debljina najtanjeg lima u spoju
$\tau_{ m}$	N/mm ²	Srednja vrijednost posmičnog naprezanja u presjeku zavora
$t_{ }$	N/mm ²	Srednja vrijednost posmičnog naprezanja u ravnini spoja
l_i	mm	Duljina i -tog zavora u spoju
n_{max}	N/mm ²	Maksimalno savojno naprezanje u ravnini spoja
A_i	mm ²	Površina i -tog zavora u spoju
I_{xi}	mm ⁴	Moment tromosti presjeka i -tog zavora u spoju
W_{xi}	mm ³	Moment otpora presjeka i -tog zavora u spoju
σ_{red}	N/mm ²	Reducirano naprezanje
σ_{\perp}	N/mm ²	Normalno naprezanje u ravnini spoja
σ_{dop}	N/mm ²	Dopušteno naprezanje
N_v		Broj vijaka
i_k		Prijenosni odnos koloturnika
p_v	N/mm ²	Površinski pritisak
l_B	mm	Duljina bočnog nosača platna
$\alpha_{B, max}$	°	Maksimalni nagib bočnog nosača platna
l_D	mm	Duljina dijagonalnog nosača platna
$\alpha_{D, max}$	°	Maksimalni nagib dijagonalnog nosača platna
v_p	mm	Visina pokrova
k_B, k_D	mm	Faktori kraćenja nosača
m_p	kg	Masa platna
m_{LB}, m_{LD}	kg	Mase nosača platna
$F_{vj, B}$	N	Sila vjetra na bočnu stranu suncobrana
$F_{vj, B}$	N	Sila vjetra na dijagonalnu stranu suncobrana
t_{otv}	s	Vrijeme otvaranja suncobrana

SAŽETAK

Ovaj završni rad sadržava uvodno razmatranje o suncobranima za ugostiteljstvo, pregled suncobrana i njihovih mehanizama za otvaranje, analizu polužnog mehanizma suncobrana, pregled i odabir materijala za izradu nosive konstrukcije i pokrova, konstrukcijsko rješenje za zadane parametrima i zaključak.

Ključne riječi:

Suncobran, poluga, polužni mehanizam, koloturnik.

SUMMARY

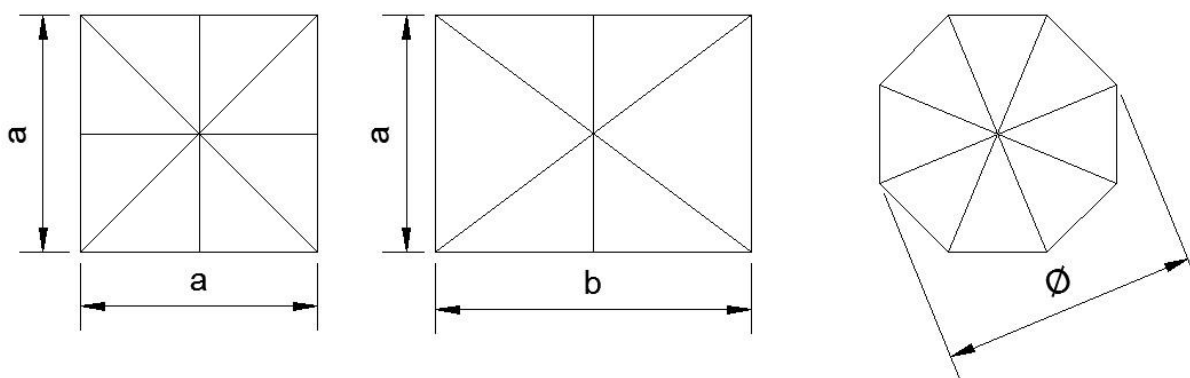
This bachelor's paper includes general observations on parasols for hospitality industry, a survey on parasols and their respective opening mechanisms, an analysis of parasol's lever mechanism, a survey and selection of materials suitable for the design of parasol's support structure and canopy, a design solution for the given design parameters and a conclusion.

Key words:

Parasol, lever, lever mechanism, pulley.

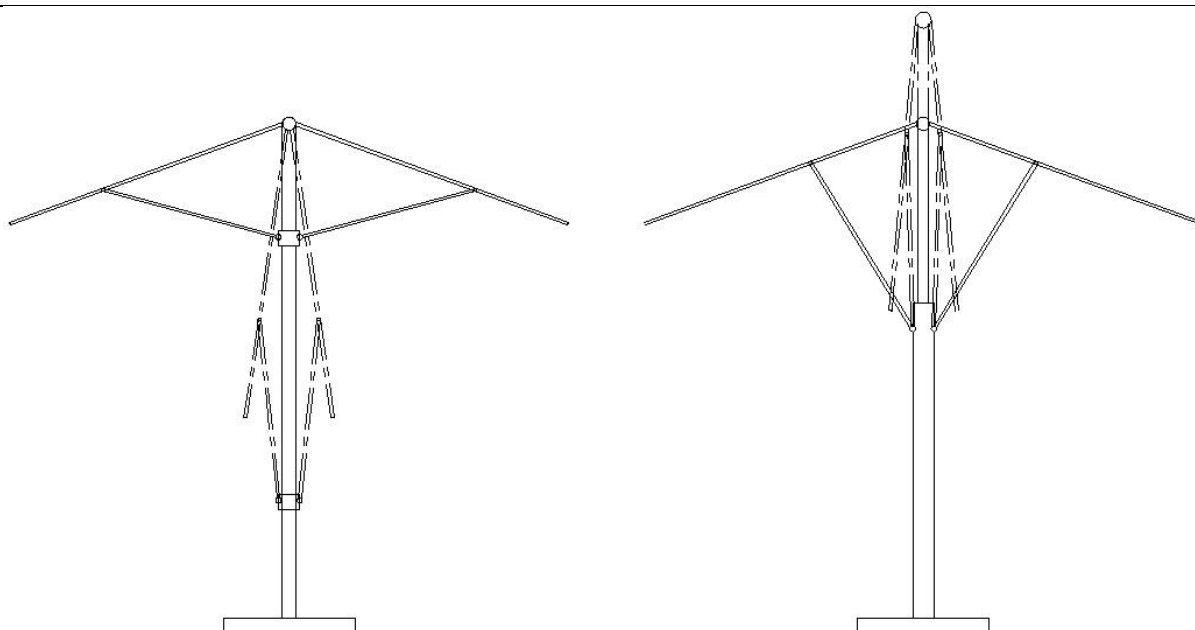
1. UVOD

Ugostiteljski objekti na otvorenom tijekom ljetnih mjeseci koriste suncobrane kako bi gostima pružili ugodniji ambijent kako pri jačem suncu tako i kod manjih oborina bez značajnijeg vjetrova. Kako bi se minimizirao prostor koji zauzimaju baze suncobrana, tendencija je koristiti što je moguće veće suncobrane pri čemu se javlja pitanje izvora snage potrebne za njegovo otvaranje. Po obliku pokrova tri najčešće izvedbe suncobrana su izvedba sa kvadratnim pokrovom, pravokutnim pokrovom te izvedba sa oktogonálnim pokrovom, tzv. kružna izvedba.

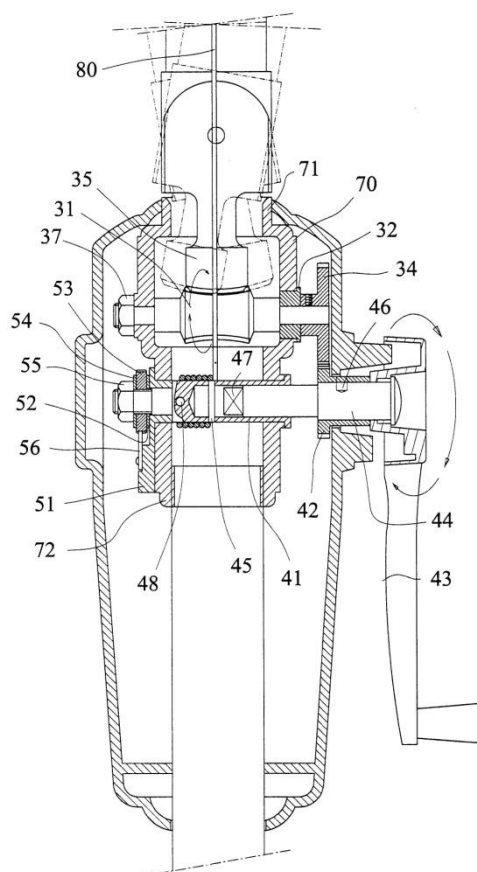


Slika 1. Oblici pokrova suncobrana

Po načinu otvaranja postoje klasične i teleskopirajuće izvedbe. Veličina zaklonjene površine suncobrana namjenjenih ugostiteljstvu kreće se u rasponu od 4 m² do 100 m². Po izvedbi nosive konstrukcije razlikuju se suncobrani sa centralnim nosačem i suncobrani viseće izvedbe pri kojima se nosač nalazi van zaklonjene površine suncobrana. Suncobrani većih dimenzija otvaraju se uz posretstvo mehanizma. Najčešća izvedba mehanizma za otvaranje sastoji se od bubnja na koji se namata uže za otvaranje suncobrana te ručice za pokretanje pričvršćene na vratilo bubnja. Multiplikacija ručne sile postiže se odnosom ručice i promjera bubnja ili uz posretstvo reduktora (za veće izvedbe). Za održavanje suncobrana u otvorenom položaju koristi se u ovom slučaju zupčasti zadržać. Ovakva izvedba vrlo je kompaktna i moguće je njezino smještanje unutar nosive konstrukcije suncobrana, kao prema slici 3. Kako bi gostima pružili ugodniji ambijent suncobrani se mogu opremiti i raznim dodatcima, npr. grijalicama, rasvjetom ili zvučnicima. Neki proizvođači nude i mogućnost reklamnog tiska na pokrov suncobrana.



Slika 2. Klasična i teleskopirajuća izveba suncobrana



Slika 3. Mehanizam za otvaranje suncobrana



Slika 4. Suncobran viseće izvedbe



Slika 6. Suncobran opremljan grijalicama i rasvjetom



Slika 5. Suncobran Bahama Magnum površine 95 m²

2. ANALIZA POLUŽNOG MEHANIZMA

2.1. Osnovni geometrijski odnosi dužina i kuteva

Mehanizam suncobrana polužni je mehanizam sa jednim stupnjem slobode, što znači da je gibanje mehanizma moguće opisati pomoću jedne odabrane koordinate. U ovom slučaju najsvrsishodnije je kao takvu koordinatu odabrati kut α između nosača platna te osi z , te će svi ostali parametri biti izraženi pomoću kuta α .

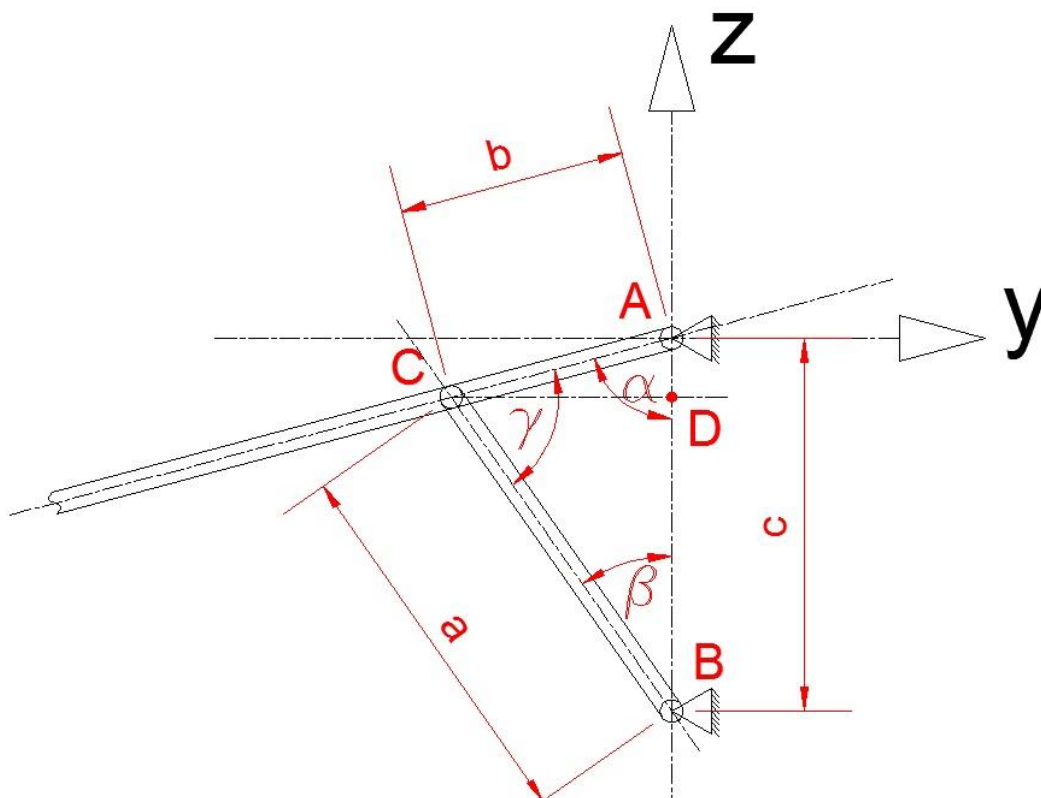
2.1.1. Odnos kutova α i β

Razmatranjem trokuta ACD i BCD može se uočiti da im je stranica CD zajednička. Stranicu CD moguće je izraziti pomoću sinusne funkcije kutova α i β :

$$CD = b \cdot \sin(\alpha) = a \cdot \sin(\beta) \quad (1)$$

Iz čega slijedi:

$$\beta = \arcsin \left[\frac{b}{a} \cdot \sin(\alpha) \right] \quad (2)$$



Slika 7. Geometrija mehanizma

2.1.2. Odnos kutova γ i α

Kut γ može se odrediti iz zbroja kutova u trokutu:

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta \quad (3)$$

2.1.3. Ovisnost stranice c o kutu α (položaj mehanizma)

Duljina stranice c , koja predstavlja rastojanje pomičnog i fiksnog zgloba slijedi iz zbroja duljina stranica AD i BD trokuta ACD i BCD:

$$c = a \cdot \cos(\beta) + b \cdot \cos(\alpha) \quad (4)$$

2.1.4. Bezdimenzijski hod mehanizma

Hod mehanizma H dobiva se oduzimanjem duljine c_{\min} kada je suncobran potuno otvoren ($\alpha = \alpha_{\max}$) od duljine c_{\max} kada je suncobran u potpuno zatvorenom položaju ($\alpha = \alpha_{\min} = 0^\circ$):

$$H = c_{\max} - c_{\min} \quad (5)$$

Za $\alpha_{\min} = 0^\circ$ slijedi $\beta_{\min} = \arcsin\left[\frac{b}{a} \cdot \sin(0^\circ)\right] = 0^\circ$, te je:

$$c_{\max} = a \cdot \cos(\beta_{\min}) + b \cdot \cos(\alpha_{\min}) = a + b \quad (6)$$

Za $\alpha = \alpha_{\max}$ slijedi $\beta_{\max} = \arcsin\left[\frac{b}{a} \cdot \sin(\alpha_{\max})\right]$, te je:

$$c_{\min} = a \cdot \cos\left\{\frac{b}{a} \left[\arcsin(\alpha_{\max})\right]\right\} + b \cdot \cos(\alpha_{\max}) \quad (7)$$

Uvođenjem (6) i (7) u (5) dobiva se:

$$H = a + b - a \cdot \cos\left\{\frac{b}{a} \left[\arcsin(\alpha_{\max})\right]\right\} - b \cdot \cos(\alpha_{\max}) \quad (8)$$

Djeljenjem jednadžbe (8) sa a dobiva se:

$$\frac{H}{a} = 1 + \frac{b}{a} - \cos\left\{\frac{b}{a} \left[\arcsin(\alpha_{\max})\right]\right\} - \frac{b}{a} \cdot \cos(\alpha_{\max}) \quad (9)$$

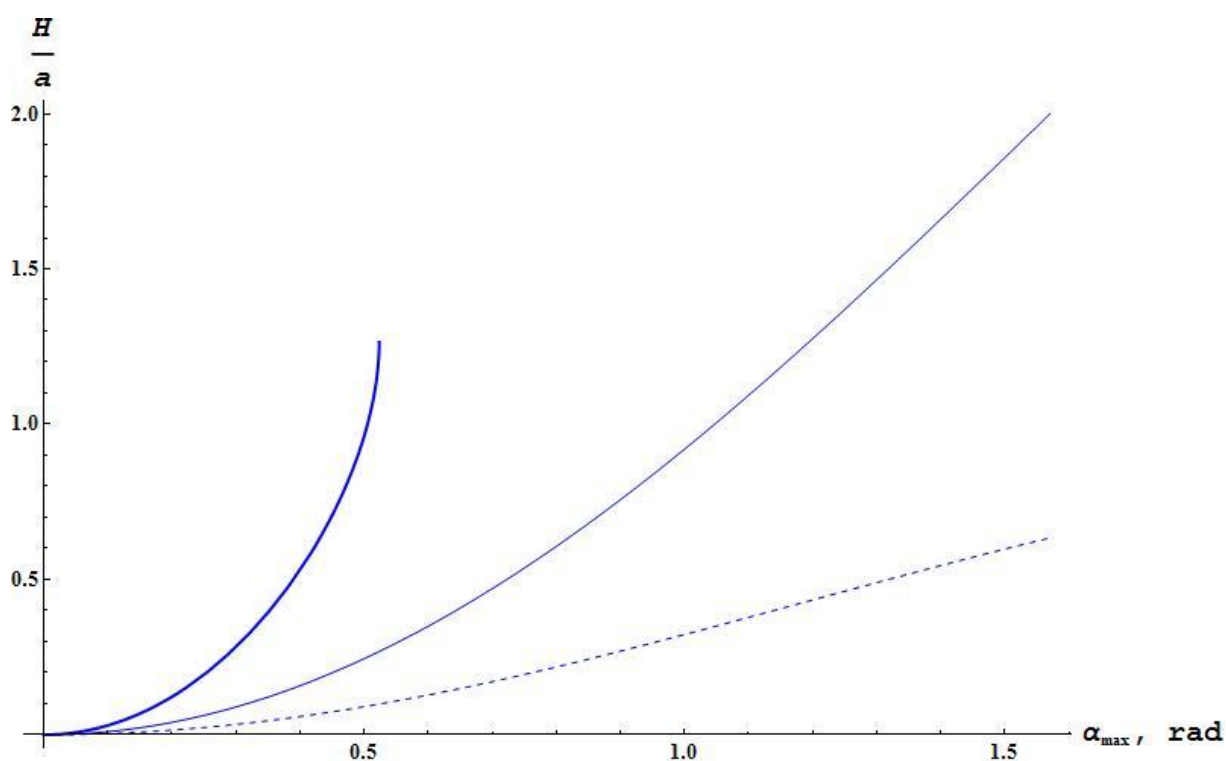
Uvođenjem faktora λ kao omjera polužja $\frac{b}{a}$ jednačba (9) može se zapisati u obliku:

$$\frac{H}{a} = 1 + \lambda - \cos \left\{ \lambda \left[\arcsin(\alpha_{\max}) \right] \right\} - \lambda \cdot \cos(\alpha_{\max}) \quad (10)$$

Te u konačnici izlučivanjem faktora λ (10) se može zapisati u obliku:

$$\frac{H}{a} = 1 - \cos \left\{ \arcsin \left[\lambda \cdot \sin(\alpha_{\max}) \right] \right\} + \lambda \left[1 - \cos(\alpha_{\max}) \right] \quad (11)$$

Izraz (11) predstavlja *bezdimenzijski hod mehanizma*. Zavisnost bezdimenzijskog hoda od faktora λ prikazana je na slici 8.



Slika 8. Bezdimenzijski hod mehanizma

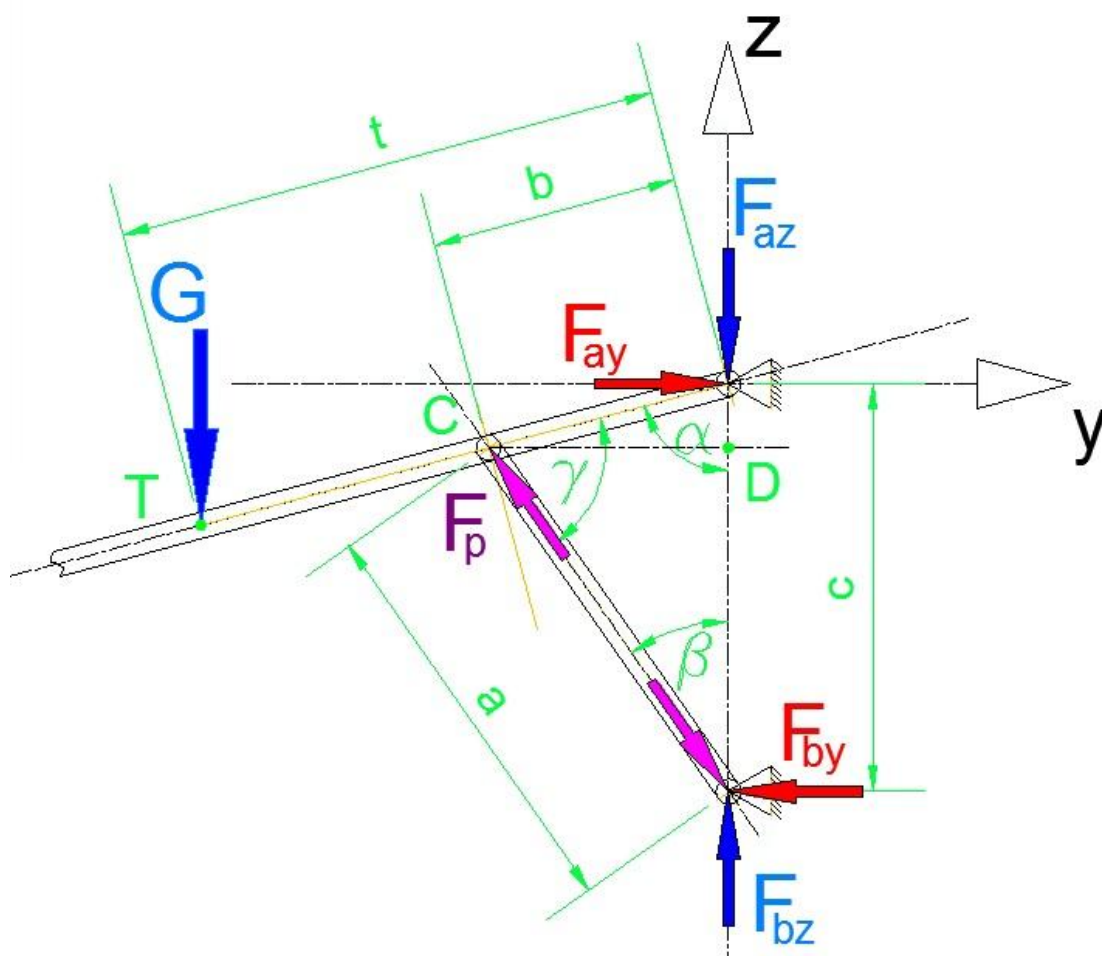
Crtkana linija $\lambda=2$, Tanka linija $\lambda=1$, Debela linija $\lambda=0,5$

2.2. Uvjeti ravnoteže mehanizma

Za proračun elemenata mehanizma i odabir najpovoljnijeg omjera polužja potrebno je odrediti reakcije u ležištima poluga A i B, te silu u poluzi BC. U tu svrhu biti će postavljeni uvjeti ravnoteže nosača pokrova za tri karakteristična slučaja položaja sile G u odnosu na točku C:

$t > b$, $t = b$, $t < b$. Radi praktičnosti uveden je za potrebe analize parametar $\xi = \frac{t}{b}$.

2.2.1. Mehanizam sa faktorom $\xi > 1$



Slika 9. Mehanizam sa faktorom $\xi > 1$

$$\begin{aligned}\Sigma M_c &= 0; \\ G(t-b) \cdot \sin(\alpha) &= b \left[F_{Az} \cdot \sin(\alpha) + F_{Ay} \cdot \cos(\alpha) \right]\end{aligned}\quad (12)$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_z &= 0; \\ F_p \cdot \cos(\beta) &= G + F_{Az} \Rightarrow F_{Az} = F_p \cdot \cos(\beta) - G\end{aligned}\quad (13)$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0; \\ F_p \cdot \sin(\beta) &= F_{Ay}\end{aligned}\quad (14)$$

Ovime je dobivan sustav od 3 jednačbe sa 3 nepoznanice. Uvrštavanjem (13) i (14) u (12) i djeljenjem sa b dobiva se:

$$\frac{G(t-b) \cdot \sin(\alpha)}{b} = \left[F_p \cdot \cos(\beta) - G \right] \cdot \sin(\alpha) + F_p \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\alpha) \quad (15)$$

$$\frac{G(t-b) \cdot \sin(\alpha)}{b} + G \cdot \sin(\alpha) = F_p \left[\cos(\beta) \sin(\alpha) + \sin(\beta) \cos(\alpha) \right] \quad (16)$$

$$G \cdot \sin(\alpha) \left[t - \frac{b}{b} + 1 \right] = F_p \cdot \sin(\alpha) \cos(\beta) \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right] \quad (17)$$

$$F_p = \frac{G \cdot t}{b \cdot \cos(\beta) \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (18)$$

Uvrštavanjem (15) u (13) i (14) dobiva se:

$$F_{Az} = G \left\{ \frac{t}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} - 1 \right\} \quad (19)$$

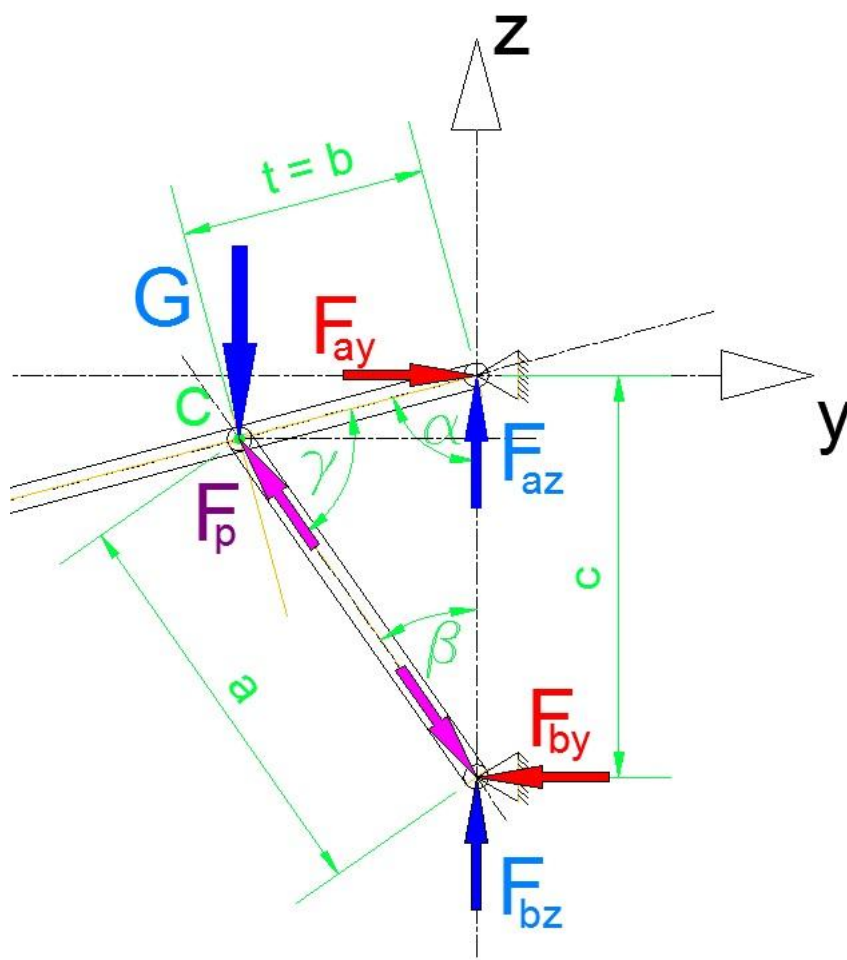
$$F_{Ay} = \frac{G \cdot t \cdot \tan(\beta)}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (20)$$

Reakcije u ležištu B dobivaju se iz jednažbi:

$$F_{Bz} = F_p \cdot \cos(\beta) = \frac{G \cdot t}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (21)$$

$$F_{By} = F_{Ay} = \frac{G \cdot t \cdot \tan(\beta)}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (22)$$

2.2.2. Mehanizam sa faktorom $\xi=1$



Slika 10. Mehanizam sa faktorom $\xi=1$

$$\begin{aligned}\Sigma M_c &= 0; \\ F_{Az} \cdot b \cdot \sin(\alpha) &= F_{Ay} \cdot b \cdot \cos(\alpha)\end{aligned}\tag{23}$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_z &= 0; \\ F_p \cdot \cos(\beta) + F_{Az} &= G \Rightarrow F_{Az} = G - F_p \cdot \cos(\beta)\end{aligned}\tag{24}$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0; \\ F_p \cdot \sin(\beta) &= F_{Ay}\end{aligned}\tag{25}$$

Uvrštavanjem (21) i (22) u (20) i djeljenjem sa $[b \cdot \sin(\alpha)]$ dobiva se:

$$F_p \cdot \cos(\beta) + F_p \cdot \frac{\sin(\beta)}{\tan(\alpha)} = G\tag{26}$$

$$F_p \cdot \cos(\beta) \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right] = G\tag{27}$$

$$F_p = \frac{G}{\cos(\beta) \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]}\tag{28}$$

Uvrštavanjem (23) u (21) i (22) dobiva se:

$$F_{Az} = G \left\{ 1 - \frac{t}{1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)}} \right\}\tag{29}$$

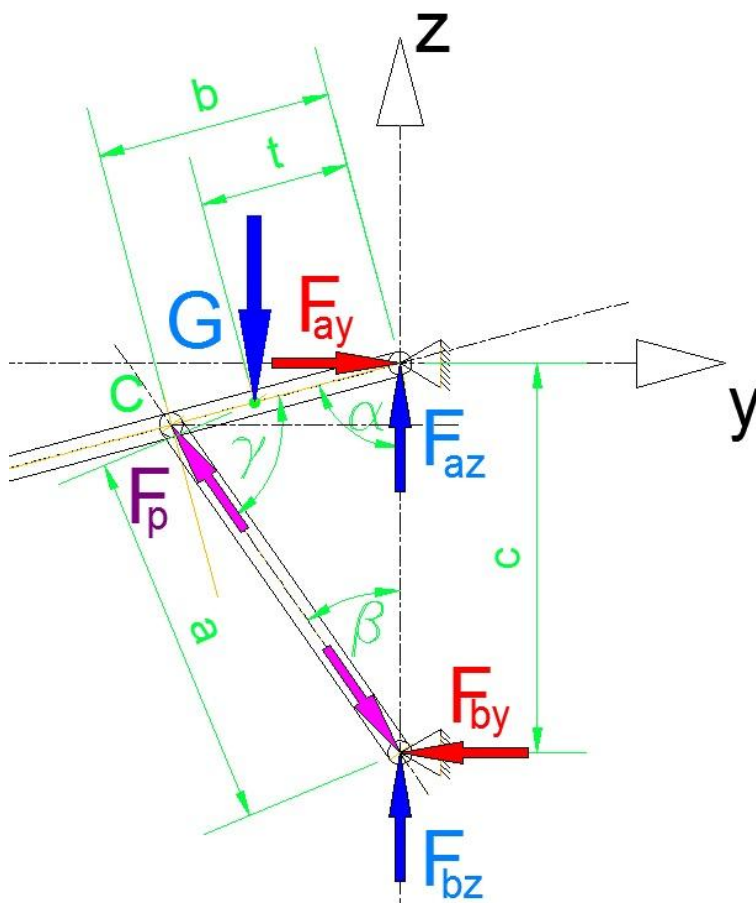
$$F_{Ay} = \frac{G \cdot \tan(\beta)}{1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)}}\tag{30}$$

Reakcije u ležištu B dobivaju se iz jednažbi:

$$F_{Bz} = F_p \cdot \cos(\beta) = \frac{G}{1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)}} \quad (31)$$

$$F_{By} = F_{Ay} = \frac{G \cdot \tan(\beta)}{1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)}} \quad (32)$$

2.2.3. Mehanizam sa faktorom $\xi < 1$



Slika 11. Mehanizam sa faktorom $\xi < 1$.

$$\Sigma M_c = 0;$$

$$G(t-b) \cdot \sin(\alpha) = b \left[F_{Az} \cdot \sin(\alpha) - F_{Ay} \cdot \cos(\alpha) \right] \quad (33)$$

$$\Sigma F_z = 0;$$

$$F_p \cdot \cos(\beta) + F_{Az} = G \Rightarrow F_{Az} = G - F_p \cdot \cos(\beta) \quad (34)$$

$$\Sigma F_y = 0;$$

$$F_p \cdot \sin(\beta) = F_{Ay} \quad (35)$$

Uvrštavanjem (29) i (30) u (28) i djeljenjem sa b dobiva se:

$$\frac{G(b-t) \cdot \sin(\alpha)}{b} = \left[G - F_p \cdot \cos(\beta) \right] \cdot \sin(\alpha) - F_p \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\alpha) \quad (36)$$

$$\frac{G(b-t) \cdot \sin(\alpha)}{b} - G \cdot \sin(\alpha) = -F_p \left[\cos(\beta) \sin(\alpha) + \sin(\beta) \cos(\alpha) \right] \quad (37)$$

$$-G \cdot \sin(\alpha) \left[t - \frac{b}{b} + 1 \right] = -F_p \cdot \sin(\alpha) \cos(\beta) \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right] \quad (38)$$

$$F_p = \frac{G \cdot t}{b \cdot \cos(\beta) \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (39)$$

Uvrštavanjem (31) u (29) i (30) dobiva se:

$$F_{Az} = G \left\{ 1 - \frac{t}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \right\} \quad (40)$$

$$F_{Ay} = \frac{G \cdot t \cdot \tan(\beta)}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (41)$$

Reakcije u ležištu B dobivaju se iz jednadžbi:

$$F_{Bz} = F_p \cdot \cos(\beta) = \frac{G \cdot t}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (42)$$

$$F_{By} = F_{Ay} = \frac{G \cdot t \cdot \tan(\beta)}{b \left[1 + \frac{\tan(\beta)}{\tan(\alpha)} \right]} \quad (43)$$

Ovisnost sila u mehanizmu o položaju mehanizma moguće je izraziti i na drugi način, ukoliko se u sustavu jednodžbi (12, 13, 14) jednadžba (12) zamjeni uvjetom ravnoteže oko točke A:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0; \\ G \cdot t \cdot \sin(\alpha) &= F_p \cdot b \cdot \sin(\gamma) \end{aligned} \quad (44)$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_z &= 0; \\ F_p \cdot \cos(\beta) &= G + F_{Az} \Rightarrow F_{Az} = F_p \cdot \cos(\beta) - G \end{aligned} \quad (45)$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0; \\ F_p \cdot \sin(\beta) &= F_{Ay} \end{aligned} \quad (46)$$

Iz (36) slijedi:

$$F_p = G \cdot \frac{t}{b} \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\gamma)} = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\gamma)} \quad (47)$$

Uvrštavanjem (47) u (13) odnosno (14) dobivaju se izrazi za reakcije u osloncu A:

$$F_{Az} = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)}{\sin(\gamma)} - G \quad (48)$$

$$F_{Ay} = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)}{\sin(\gamma)} \quad (49)$$

Reakcije u osloncu B komponente su sile u poluzi F_p :

$$F_{Bz} = F_p \cdot \cos(\beta) = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)}{\sin(\gamma)} \quad (50)$$

$$F_{By} = F_p \cdot \sin(\beta) = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)}{\sin(\gamma)} \quad (51)$$

2.3. Utjecaj odnosa duljina polužja i položaja težišta na sile u mehanizmu

Pomoću faktora λ izraz (2) može se zapisati u obliku:

$$\beta = \arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)] \quad (52)$$

Izraz pomoću izraza (52) izraz (3) se može zapisati u obliku:

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - \arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)] \quad (53)$$

Uvrštavanjem izraza (52) i (53) u izraze (47)...(51) dobivaju se izrazi za silu u poluzi CB i komponente reakcija u osloncima A i B izraženi pomoću faktora λ i ξ :

$$F_p = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin\{180^\circ - \alpha - \arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)]\}} \quad (54)$$

$$F_{Az} = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \cos\{\arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)]\}}{\sin\{180^\circ - \alpha - \arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)]\}} - G \quad (55)$$

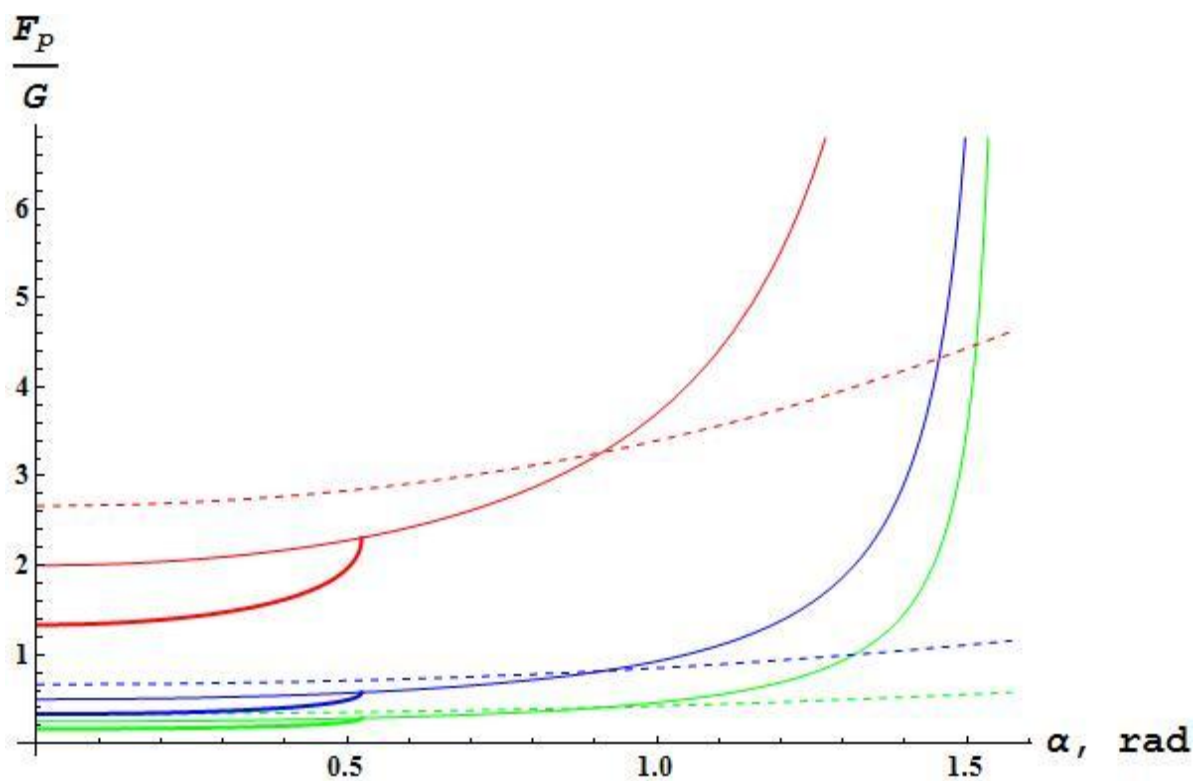
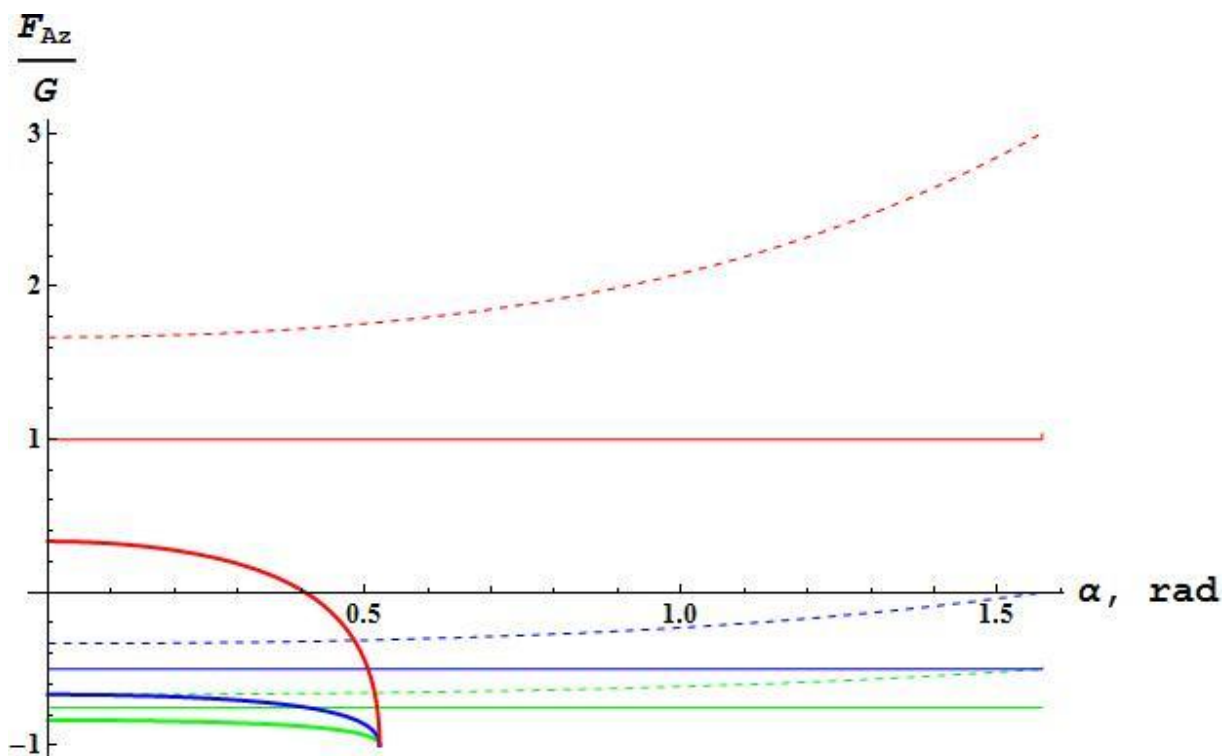
$$F_{Ay} = F_{By} = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \sin\{\arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)]\}}{\sin\{180^\circ - \alpha - \arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)]\}} \quad (56)$$

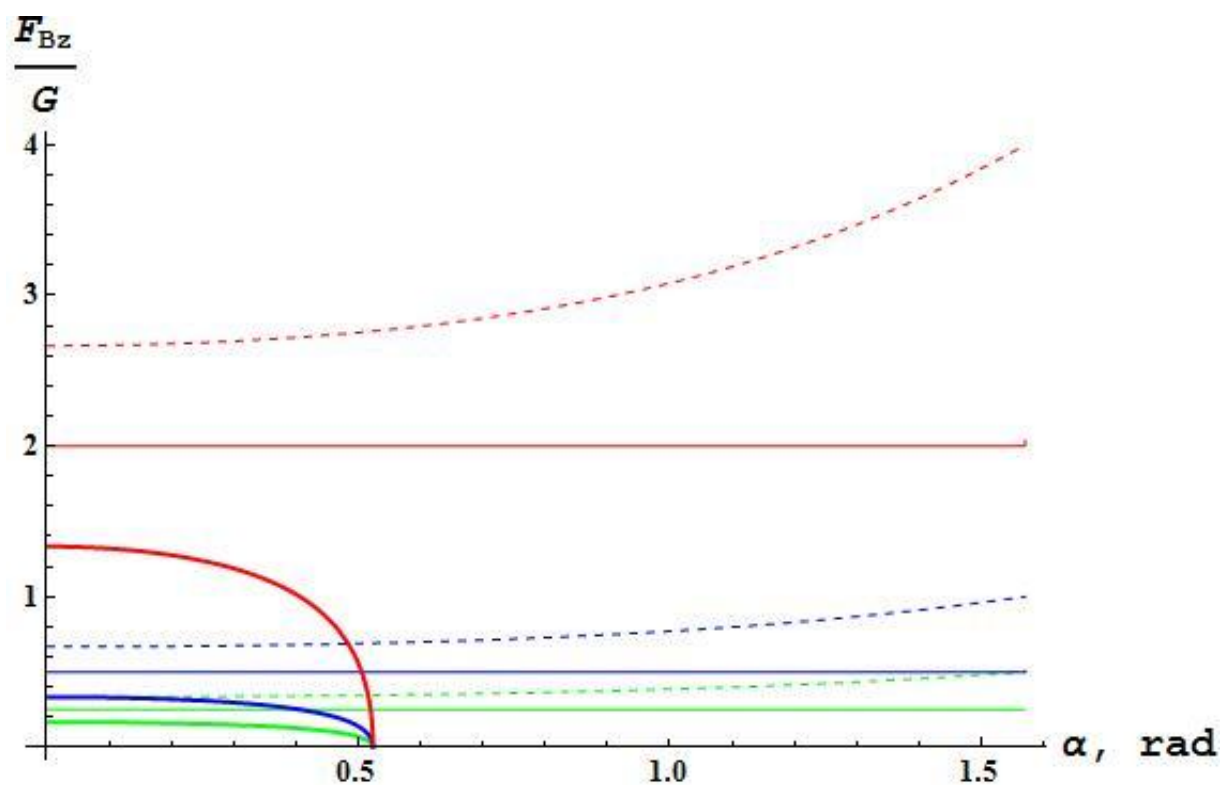
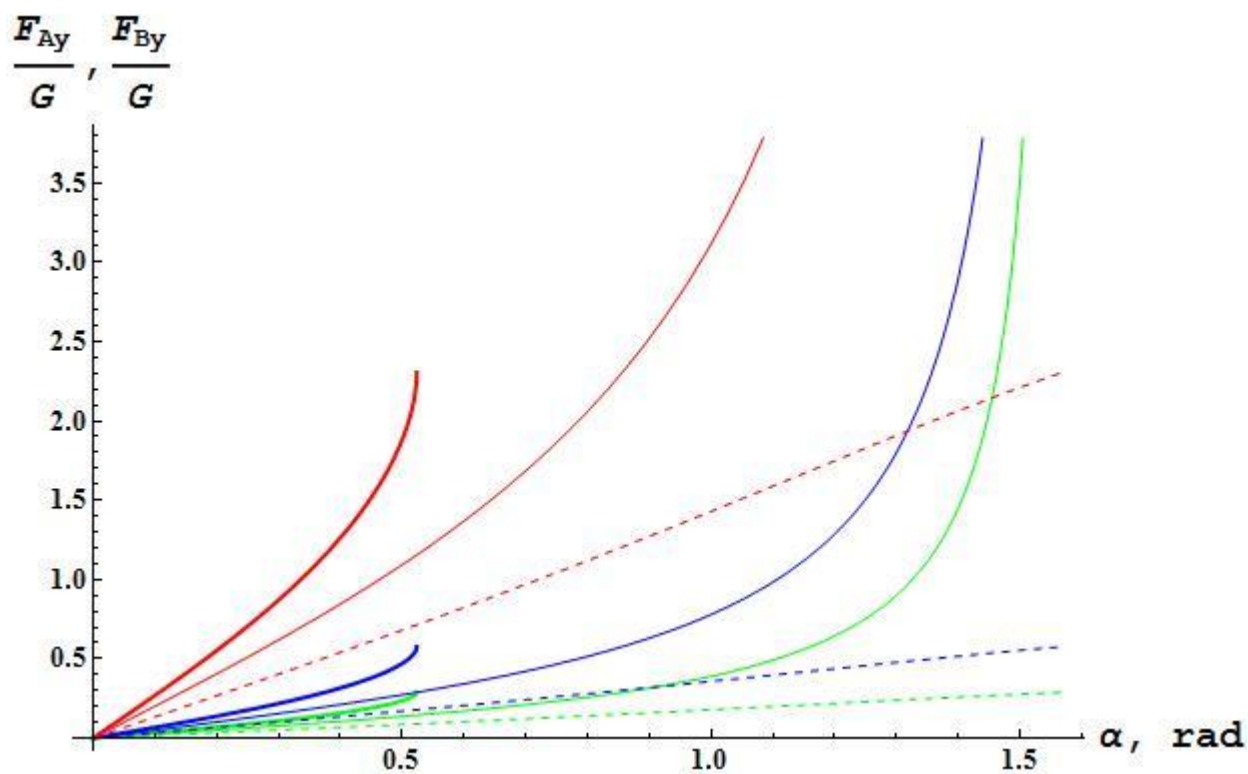
$$F_{Bz} = G \cdot \xi \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \cos\{\arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)]\}}{\sin\{180^\circ - \alpha - \arcsin[\lambda \cdot \sin(\alpha)]\}} \quad (57)$$

Utjecaj faktora λ i ξ može se uočiti na grafovima sa slika 12-15. Za faktor λ odabrane su vrijednosti 0,5, 1 i 2, dok su za faktor ξ odabrane vrijednosti 0,5, 1 i 4, čime je dobiveno devet krivulja za sve kombinacije navedenih faktora. Tip i boja linija u grafovima za odabrane vrijednosti dane su tabelom 1.

Tabela 1. Boja i tip linije grafova

Faktor	$\lambda=b/a$	Tip linije	Faktor	$\xi=t/b$	Boja linije
	0,5	crtkana		0,5	zelena
	1	tanka		1	plava
	2	debela		4	crvena

Slika 12. Omjer sile u poluzi i sile G u funkciji koordinate α .Slika 13. Omjer sile F_{Az} i sile G u funkciji koordinate α .

Slika 14. Omjer sile F_{Bz} i sile G u funkciji koordinate α .Slika 15. Omjer sile F_{Ay} i F_{By} u funkciji koordinate α .

2.3.1. Utjecaj odnosa duljina polužja na sile u mehanizmu

Pomoću grafova na slikama 12-15 uočeno je sljedeće:

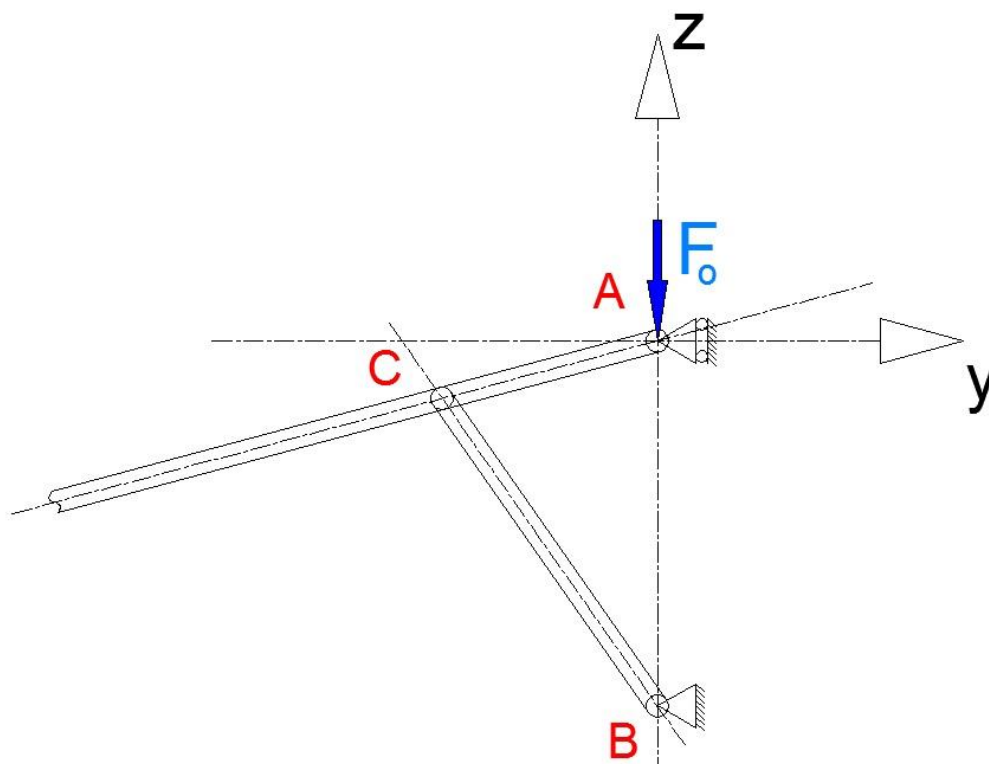
1. Povećanje faktora λ uzrokuje povećanje prirasta sile u poluzi i ukupne reakcije u osloncima pri otvaranju suncobrana
2. Za vrijednosti faktora $\lambda < 1$ komponente reakcija u osloncima A i B pri otvaranju suncobrana imaju pozitivan prirast
3. Za vrijednost faktora $\lambda = 1$ komponente reakcija u osloncima A i B pri otvaranju suncobrana su konstantne
4. Za vrijednosti faktora $\lambda > 1$ komponente reakcija u osloncima A i B pri otvaranju suncobrana imaju negativan prirast

2.3.2. Utjecaj položaja težišta polužja na sile u mehanizmu

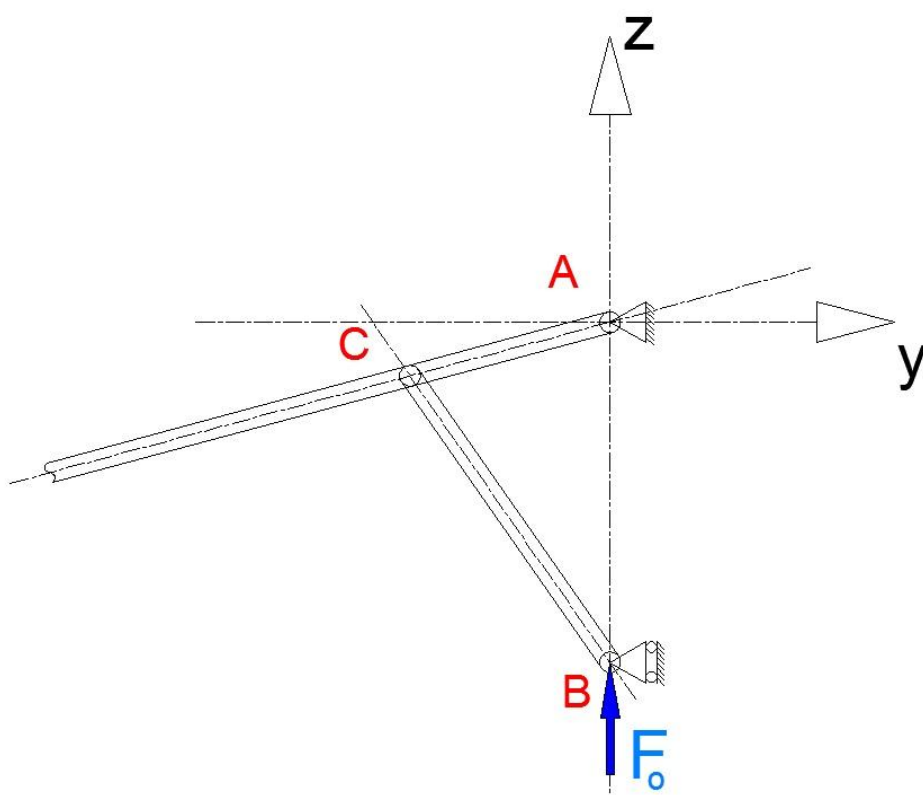
Usporedbom krivulja jednakih faktora λ sa grafova 10-13 uočljivo je da povećanje faktora ζ rezultira većim silama u polugama i osloncima mehanizma, te za slučajeve $\lambda \neq 1$ povećava nagib krivulje, tj prirast sile pri otvaranju suncobrana.

2.4. Zaključak analize

Na slikama 9, 10 i 11 oba oslonca prikazana su kao oslonci bez mogućnosti aksijalnog pomaka, što znači da konstrukcije koje su na slikama prikazane zapravo nisu mehanizmi, jer nemaju niti jedan stupanj slobode. Mehanizam sa jednim stupnjem slobode dobiva se ako se jedan od oslonaca A ili B zamjeni kliznim aksijalnim zglobovom sa mogućnosti zakreta oko osi x i aksijalnog pomaka u smjeru osi z . Reakciju u smjeru osi z tada preuzima mehanizam za podizanje. Ove dvije varijante prikazane su slikama 16 i 17. Smjerove djelovanja sila F_{Bz} i F_{Az} pretpostavljeni su sukladno slici 9, pa za mehanizam sa pomičnim osloncem A vrijedi $F_o = F_{Az}$, analogno tome, za mehanizam sa pomoćnim osloncem B vrijedi će $F_o = F_{Bz}$.



Slika 16. Mehanizam sa pomičnim osloncem A.



Slika 17. Mehanizam sa pomičnim osloncem B.

2.4.1. Utjecaj omjera polužja na hod mehanizma i silu u poluzi F_p

Iz grafova sa slika 8 i 12 može se zaključiti da smanjivanje omjera $\frac{b}{a}$ uzrokuje skraćivanje hoda mehanizma (što je poželjno) i povećanje maksimalne sile u poluzi (približno jednakim intenzitetom), što je nepoželjno jer iziskuje masivniju i kruću polugu (radi sigurnosti protiv izvijanja) a ujedno i čvršća uležištenja u osloncima B i C.

2.4.2. Utjecaj omjera polužja na mehanizam sa pomičnim osloncem A

Iz grafa sa slike 13 može se zaključiti da je suncobran sa pomičnim osloncem A, kao prema slici 16, u svim slučajevima moguće izvesti tako da u ravnotežnom položaju bude potpuno rasklopljen (gravitacijsko rasklapanje) ili potpuno sklopljen (gravitacijsko sklapanje), ili da mu se ravnotežni položaj α_e nalazi u području $\alpha_{\min} < \alpha_e < \alpha_{\max}$. Ravnotežni položaj α_e

moguće je naći ako se na dijagram sa slike 13 nanese pravac $\frac{F_{Az}}{G} = \frac{F_g}{G}$, gdje je F_g težina translacijskih masa mehanizma za podizanje (pokretni blok užnica + nosač ležišta A).

Ravnotežan položaj našao bi se tako da se iz sjecišta pravca $\frac{F_{Az}}{G} = \frac{F_g}{G}$ i krivulje sa

odgovarajućim vrijednosima faktora $(\frac{b}{a}, \frac{t}{b})$ povuče okomica na apscisu. Uz dovoljno velik ili

dovoljno malen iznos F_g bili bi ispunjeni uvjeti za gravitacijsko otvaranje odnosno zatvaranje suncobrana, dok bi za slučaj da se ravnotežni položaj nalazi u području $\alpha_{\min} < \alpha_e < \alpha_{\max}$ bilo potrebno konstruirati 2 koloturnika, od kojih bi jedan služio za otvaranje, a drugi za zatvaranje suncobrana. Takvo rješenje sa konstrukcijskog stajališta vrlo je nepovoljno, jer iziskuje veći broj dijelova te njihov smještaj na ionako skučenom prostoru.

Sa stajališta operatera povoljna bi bila rješenja sa odnosom polužja $a = b$, za koja je iznos sile potrebne za rukovanje suncobranom jednak u bilo kojem položaju. Za ovaj je slučaj moguće

postići uz odabir $\frac{F_{Az}}{G} = \frac{F_g}{G}$ da ta sila bude jednaka nuli. Takav bi suncobran teoretski za bilo

koji iznos kuta α bio u ravnoteži, što znači da bi operater pri rukovanju trebao savladavati samo inerciju pokretnih dijelova i gubitke u mehanizmu, no ovo bi rješenje opet dolazi pod cijenu komplicirane konstrukcije sa 2 koloturnika. Bitno je ovdje još napomenuti da

mehanizam sa pomičnim osloncem A iziskuje teleskopirajuću konstrukciju sa razrezanim glavnim nosačem. Razrezivanje nosača ima negativne posljedice na njegovu nosivost i krutost, a budući da duljina razrezivanja mora biti najmanje jednaka duljini hoda H , ovakvo rješenje iziskuje omjer polužja za kratki hod, što sa sobom vuče negativne posljedice navedene pod 2.4.1. Duži hod u ovom slučaju znači i veća visina suncobrana u sklopljenom položaju, što potencijalno može predstavljati problem.

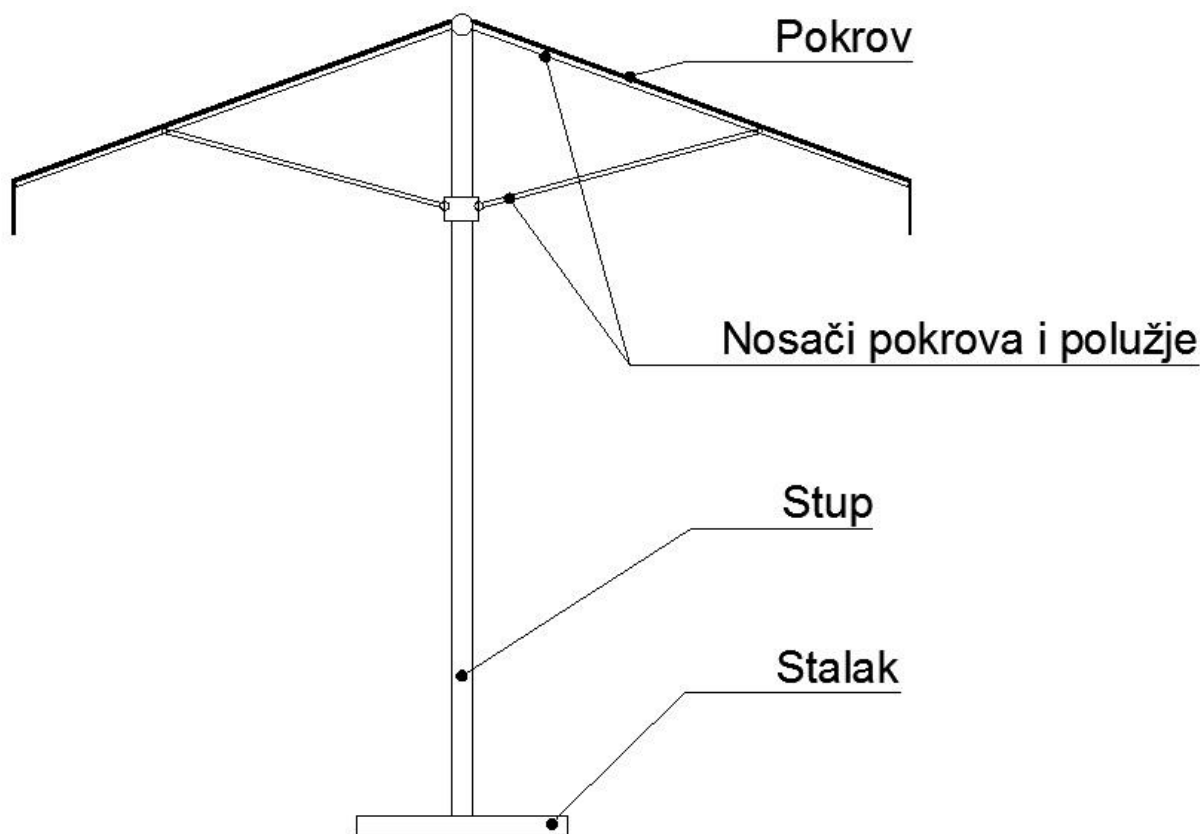
Prednost ove varijante jest u tome što ona omogućuje kompaktnije izvedbe u pogledu visine suncobrana u rasklopljenom položaju nego varijanta 2, što posebno dolazi do izražaja kod suncobrana većih površina.

2.4.3. Utjecaj omjera polužja na mehanizam sa pomičnim osloncem B

Iz grafa sa slike 12 može se uočiti da kao i u slučaju mehanizma s pomičnim osloncem A povećanje omjera $\frac{b}{a}$ ima pozitivan utjecaj na iznos sile potrebne za otvaranje suncobrana, no budući da ovdje duljina hoda nije od velikog značaja, ovim je rješenjem moguće odabrati najbolji odnos polužja. Za razliku od varijante 1, varijantu 2 moguće je izvesti isključivo sa gravitacijskim zatvaranjem. Najveći nedostatak ove varijante jest u tome što veća površina suncobrana (a time i dulji nosači platna) zahtjeva veću visinu suncobrana. Visina suncobrana u ovom je slučaju jednaka i u sklopljenom i u rasklopljenom položaju.

3. ODABIR MATERIJALA ZA IZRADU SUNCOBRAHA

Odlučujući faktor pri odabiru materijala za izradu suncobrana je veličina zaklonjene površine, tj. veličina suncobrana. Slikom 18 shematski je prikazan suncobran s istaknutim glavnim dijelovima konstrukcije.



Slika 18. Shema glavnih dijelova suncobrana

3.1. Odabir materijala stalka

Glavna funkcija stalka je da omogući stabilno smještanje suncobrana na željenu lokaciju. Konstrukcija stalka mora biti široka i masivna budući da stalak mora svojom težinom pružati protutežu momentu prevrtanja pri naletima vjetra. S obzirom na nepovoljan (visok) položaj težišta suncobrana poželjno je također da stalak pruža mogućnost kompenzacije pri smještanju na neravnu površinu. Za suncobrane manjih dimenzija koriste se najčešće jednostavni betonski stalci u obliku konusa ili diska sa metalnom cijevi za prihvat stupa suncobrana, dok je za suncobrane većih dimenzija uobičajena konstrukcija u vidu četvrtastog metalnog okvira sa betonskim utezima i podesivim nogama. Za materijal okvira stalka

podobni su konstrukcijski čelici S235JR i S335JR radi dobrih mehaničkih svojstava i dobre zavarljivosti. Za velikoserijsku proizvodnju također je podobna i ljevana izvedba od npr. sivog ljeva.

3.2. Odabir materijala stupa

Stup je glavni nosivi dio konstrukcije suncobrana. Za materijal stupa najpodobniji materijali su drvo, čelik i aluminijske slitine. Prednosti drveta su:

Prednosti drveta su:

- Dobra obradljivost
- Jednostavan prihvata priključnih dijelova (vijci za drvo ne zahtijevaju prethodno narezivanje navoja)
- Niža cijena u odnosu na drvo i aluminij
- Estetski vrlo prihvatljivo rješenje

Nedostatci drveta su:

- Lošija mehanička svojstva u odnosu na čelik i aluminij
- Kraći vijek u odnosu na čelik i aluminij

Prednosti čelika su:

- Izvrsna mehanička svojstva
- Dobra zavarljivost
- Prihvatljiva cijena
- Dostupnost u obliku poluproizvoda raznih dimenzija

Iako je gustoća čelika (7850 kg/m^3) mnogo veća od gustoće drveta ($450\ldots 900 \text{ kg/m}^3$), njegova dobra mehanička svojstva omogućuju upotrebu tankostjenih profila što u konačnici rezultira sličnom masom konstrukcije kao pri upotrebi drveta. Nedostatak konstrukcijskih čelika je neadekvatna otpornost prema koroziji, te ih je iz tog razloga potrebno dodatno zaštititi (primjerice pocinčavanjem).

Prednosti aluminijskih slitina su:

- Dobra mehanička svojstva
- Dobra zavarljivost (AlMn1)
- Dobra obradljivost
- Dostupnost u obliku poluproizvoda raznih dimenzija
- Dobra otpornost prema koroziji

- Mala specifična težina

Možda jedini nedostatak aluminijskih slitina je njihova cijena, koja je i do sedam puta veća od cijene konstrukcijskog čelika. Sa druge strane, najveća prednost aluminijskih slitina pred čelikom je njihova gotovo tri puta niža gustoća ($2600...2900 \text{ kg/m}^3$). Budući da u klasičnoj izvedbi suncobrana stup nije pokretni dio, njegova težina nije presudan faktor te pri odabiru materijala radi niže cijene prednost ima čelik.

3.3. Odabir materijala nosača pokrova i polužja

Pri odabiru materijala za nosače pokrova i polužje ključan faktor je potrebna veličina zaklonjene površine. Veća zaklonjena površina zahtjeva dulje nosače pokrova i dulje poluge te je zbog povećanja duljina nužno povećati krutost i čvrstoću nosača i poluga. Potrebno je prema tome povećati poprečne presjeke, što podrazumjeva i povećanje mase koju je pri otvaranju suncobrana potrebno pokretati. Drvo će prema tome dolaziti u obzir pri konstrukciji suncobrana manjih dimenzija, za suncobrane srednjih dimenzija konstrukcijski čelici i aluminijske slitine, a pri konstrukciji većih suncobrana samo aluminijske slitine. Za zadani slučaj zaklonjene površine $A = 25 \text{ m}^2$ adekvatni materijali su čelik i aluminijske slitine, pri čemu je zbog niže cijene prednost dana čeliku.

3.4. Odabir materijala pokrova

Najčešći materijali pokrova za suncobrane su sintetski, na bazi poliestera, polipropilena ili akrilata i impregnirani sredstvima koja ima povećavaju postojanost boje, odbojnost vode i otpor na starenje. Usporedba tri sintetska materijala i neimpregniranog poliestera dana je tabelom Tabela 2. Na osnovi navedenih podataka odabran je materijal komercijalnog naziva Spuncrylic.

Tabela 2. Materijali pokrova

Komercijalni naziv	Sunbrella	Spuncrylic	Olefin	Poliester
Osnovni materijal	Akrilat	Poliester	Polipropilen	Poliester
Masa, g/m^2	225-315	190-300	190-300	140-320
Otpornost na starenje	Izvršna	Izvršna	Vrlo dobra	Dobra
Postojanost boje na svjetlost (AATCC 16)	1500 h	800-1000 h	400-800 h	80-100 h
Usporedba cijene	250%	100%	80%	50%

4. PRORAČUN MEHANIZMA I NOSIVE KONSTRUKCIJE

4.1. Mehanizam za podizanje

Otvaranje suncobrana vrši se potezanjem slobodnog kraja užeta ručnom silom F_r te će skladno tome svi elementi mehanizma biti dimenzionirani s obzirom na silu F_r . Prema [1], str. 16. od jednog čovjeka može se očekivati povlačna sila 200 do 300 N.

$$F_r = (200 \dots 300) \text{ N} \rightarrow \text{odabrano } F_r = 250 \text{ N} \quad (58)$$

4.1.1. Dimenzioniranje užeta za podizanje

Kao pogonsko uže odabrano je vlaknasto uže, budući da je gipkije i podesnije za rukovanje od čeličnog užeta. Radi dobre otpornosti prema atmosferskim uvjetima prikladno je uže od sintetičkih PES vlakana, budući da PES ne zadržava vodu. Proračun užeta proveden je prema [1], str 69:

$$d_u \geq c_u \sqrt{F_u} = 0,35 \cdot \sqrt{250} = 5,53 \text{ mm} \rightarrow \text{odabrano } d_u = 6 \text{ mm} \quad (59)$$

$$c_u = 0,22 \dots 0,35 \rightarrow \text{odabrano } c_u = 0,35 \quad (60)$$

$$F_u = F_r = 250 \text{ N} \quad (61)$$

4.1.2. Dimenzioniranje užnice

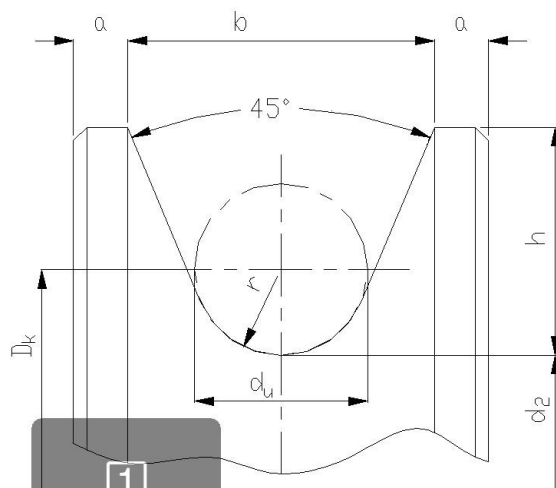
4.1.2.1. Dimenzije žlijeba užnice

Dimenzije žlijeba užnice odabrane su prema [1], str 105:

$$h \geq h_{\min} = \sqrt{2} d_u = \sqrt{2} \cdot 6 = 8,48 \text{ mm} \rightarrow \text{odabrano } h = 8,5 \text{ mm} \quad (62)$$

$$a = 2 \text{ mm} \quad (63)$$

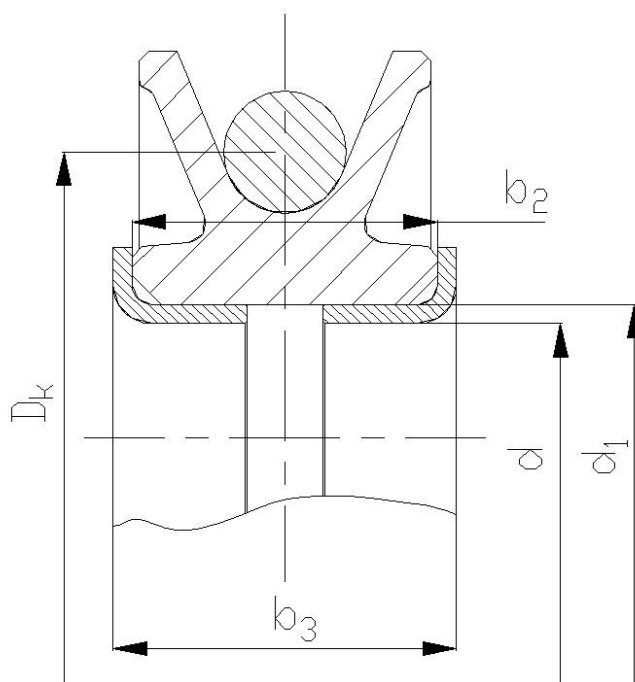
$$b = 11 \text{ mm} \quad (64)$$



Slika 19. Profil užnice

4.1.2.2. Glavne mjere užnice

U svrhu jednostavnijeg održavanja i kompaktnije izvedbe odabrana je konstrukcija užnice sa kliznim ležajevima prema slici 20.



Slika 20. Oblik i mjerna skica užnice

Minimalni promjer užnica za čeličnu pogonsku užad prema [1], str. 103 dan je izrazom

$$D_k \geq \left(\frac{D}{d} \right)_{\min} c_p \cdot d_u \quad (65)$$

pri čemu minimalni odnos $\left(\frac{D}{d}\right)_{\min}$ za užnice za najlakšu pogonsku grupu $1D_m$ iznosi 12,5, što uz koeficijent pregiba užeta $c_p = 1,25$ za predviđeni broj pregiba užeta (>10) daje minimalni promjer užnice:

$$D_k \geq 12,5 \cdot 1,25 \cdot 6 = 93,75 \text{ mm} \quad (66)$$

S obzirom na upotrebu gipkog vlaknastog užeta, vrlo lak spektar opterećenja mehanizma kao i vrlo niski broj ciklusa (< 200 godišnje) trajnost užeta neće biti ugrožena ukoliko je promjer užnice manji od propisanog prema (65). Promjer užnice biti će stoga podređen konstrukcijskim zahtjevima u pogledu kompaktnosti, te će biti prilagođen prema odabranom promjeru osovine užnice:

$$D_k \approx d_{os} + (15 \dots 20) \text{ mm} = 12 + (15 \dots 20) = (27 \dots 32) \text{ mm} \rightarrow \text{odabrano } D_k = 30 \text{ mm} \quad (67)$$

Promjer osovine slijedi iz uvjeta savojne čvrstoće prema [2], str 177:

$$d_{os} \geq \sqrt[3]{\frac{M_x}{0,1\sigma_{f \text{ dop}}}} = \sqrt[3]{\frac{3875}{0,1 \cdot 61,67}} \approx 8,57 \text{ mm} \rightarrow \text{odabrano } d_{os} = 12 \text{ mm} \quad (68)$$

$$M_x = \frac{2F_r \cdot L}{4} = \frac{2 \cdot 250_r \cdot 31}{4} = 3875 \text{ Nmm} \quad (69)$$

$$L \approx b_2 + 15 \text{ mm} = 16 + 15 = 31 \text{ mm} \quad (70)$$

$$b_2 \approx 2a + b + 1 \text{ mm} = 2 \cdot 2 + 11 + 1 = 16 \text{ mm} \quad (71)$$

$$\sigma_{f \text{ dop}} = \frac{R_e}{S} = \frac{370}{6} \approx 61,67 \text{ N/mm}^2 \quad (72)$$

$$\text{Za } \check{C} 3990, \text{ hladno vučeni} \rightarrow R_e = 370 \text{ N/mm}^2 \quad (73)$$

$$S = 4 \dots 6 \rightarrow \text{odabrano } S = 6 \quad (74)$$

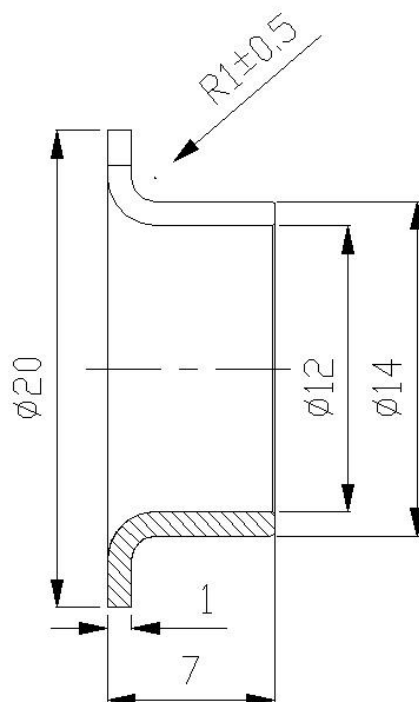
4.1.2.3. Ležaj užnice

Prema promjeru osovine odabran je klizni ležaj PCMF 121407 E s prirubnicom, za rad bez maziva:

Podatci o ležaju:

$$C = 4,8 \text{ kN} \quad (75)$$

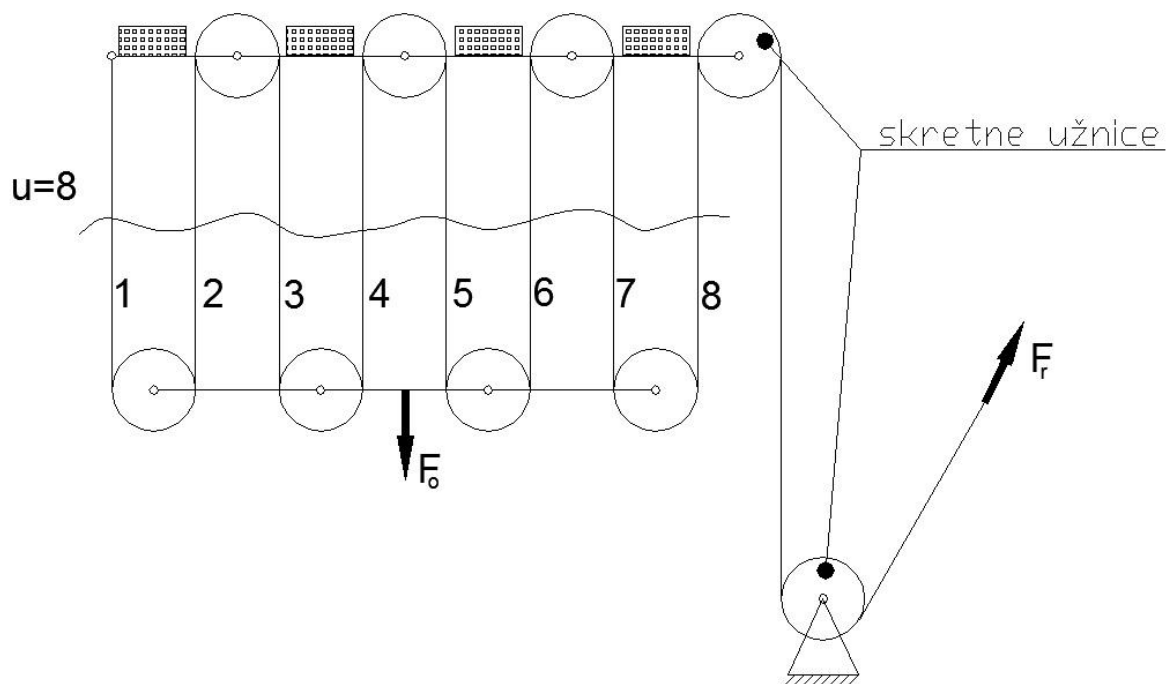
$$C_0 = 15 \text{ kN} \quad (76)$$



Slika 21. Ležaj užnice

4.1.3. Proračun nosive konstrukcije koloturnika

Nosiva konstrukcija koloturnika prikazana je crtežom SK-4/X/X/X-008. U svrhu dobrog uravnoteženja pomičnog bloka užnica odabran je koloturnik sa prijenosnim odnosom 8.



Slika 22. Shema koloturnika

Faktor iskorištenja zaobični koloturnik u radnom stanju prema [1]:

$$\eta_{k,r} = \frac{1 \cdot \frac{1-\eta_0^u}{1-\eta_0}}{8} = \frac{1 \cdot \frac{1-0,96^8}{1-0,96}}{8} \approx 0,871 \quad (77)$$

$$\eta_0 = 0,96 \rightarrow \text{za klizne ležajeve} \quad (78)$$

Faktor iskorištenja mehanizma za dizanje:

$$\eta_{uk} = \eta_{k,r} \cdot \eta_0^2 = 0,871 \cdot 0,96^2 \approx 0,802 \quad (79)$$

Konstrukcija pomičnog bloka sastoji se od:

- a) Središnje cijevi, izrađene od poluproizvoda u obliku šavne cijevi $\phi 114/ \phi 104$ od konstrukcijskog čelika S235JRG2
- b) Vanjskog obruča, izrađenog od poluproizvoda u obliku šavne cijevi $\phi 168/ \phi 160$ od konstrukcijskog čelika S235JRG2
- c) Četiri spojna lima, toplovalja, debljine stijenke $t_s = 3 \text{ mm}$, od konstrukcijskog čelika S235JRG2
- d) Dva plastična cilindra, izrađena od poluproizvoda u obliku cijevi $\phi 110/ \phi 100$, materijala POM-C
- e) Osam imbus vijaka M5 sa cilindričnom glavom ISO 4028-1977, za aksijalno osiguranje plastičnih cilindara
- f) Osam limova za prihvat polužja mehanizma suncobrana, toplovaljanih, debljine stijenke $t_s = 3 \text{ mm}$, od konstrukcijskog čelika S235JRG2
- g) Četiri osovine užnica, izrađenih od hladnovučene šesterokutne šipke OK 19, od čelika Č.3990.5
- h) Četiri razrezane podloške za vijak M12, ISO 7090-1983

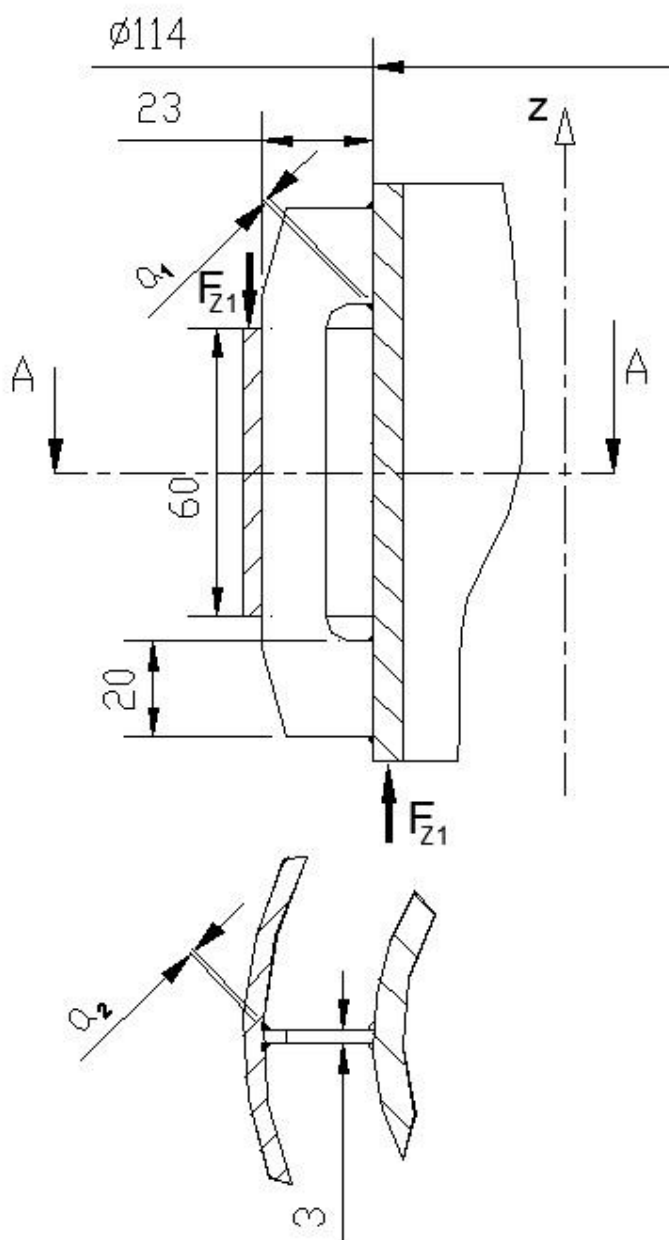
Dimenzije konstrukcije odabrane su s ciljem simetričnog smještanja 4 užnice po obodu središnje cijevi. Za materijal plastičnih cilindara odabran je POLICETAL (POM-C), radi dobrih antifriksijskih svojstava, visoke mehaničke otpornosti i otpornosti na puzanje te niske apsorpcije vlage. Niska apsorpcija vlage ovog materijala osigurava mu dimenzijsku postojanost u atmosferskim uvjetima rada.

Konstrukcija nepomičnog bloka užnica istovjetna je konstrukciji pomičnog bloka, uz dodatak lima za zavješanje kraja užeta, te izuzetak plastičnih cilindara. Središnja cijev užeg je unutarnjeg promjera ($\phi 102$), naliže na glavni stup suncobrana i osigurana je pomoću 4 imbus vijaka M12 sa cilindričnom glavom.

4.1.3.1. Dimenzioniranje zavora nosive konstrukcije koloturnika

Zavari a_1 i a_2 kojima su spojni limovi zavareni na središnju cijev i vanjski obruč opterećeni su smično silom F_{Z1} i savojno momentom M_{x1} . Smično naprezanje u zavaru a_1 nose samo šavovi paralelni sa silom F_{Z1} . Najveća dozvoljena veličina zavora određena je debljinom najtanjeg lima u spoju:

$$a_{1\max} = a_{2\max} = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ mm} \quad (80)$$



Slika 23. Nosiva konstrukcija nepomičnog bloka

Kontrola zavara a_1 :

Odabrano $a_1 = 1 \text{ mm}$.

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m} = t_{\parallel} = \frac{F_{z1}}{4 \cdot l_1 \cdot a_1} = \frac{401}{4 \cdot 22 \cdot 1} \approx 4,56 \text{ N/mm}^2 \quad (81)$$

$$F_{z1} = \frac{F_r \cdot i_k \cdot \eta_{uk}}{4} = \frac{250 \cdot 8 \cdot 0,802}{4} = 401 \text{ N} \quad (82)$$

$$l_1 = 20 + 2 \cdot a_1 = 20 + 2 \cdot 1 = 22 \text{ mm} \quad (83)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{\max} = \frac{M_{x1}}{W_{x1}} = \frac{9223}{3703} \approx 2,49 \text{ N/mm}^2 \quad (84)$$

$$M_{x1} = F_{z1} \cdot 23 = 401 \cdot 23 = 9223 \text{ Nmm} \quad (85)$$

$$W_{x1} = \frac{I_{x1}}{e_{\max}} = \frac{207374}{56} \approx 3703 \text{ mm}^3 \quad (86)$$

$$I_{x1} = 2 \cdot (I'_{x1} + A_1 \cdot e_1^2) = 2 \cdot (2437 + 50 \cdot 45^2) = 207374 \text{ mm}^4 \quad (87)$$

$$I'_{x1} = \frac{1}{12} (l_2 \cdot l_1^3 - 3 \cdot 20^3) = \frac{1}{12} (5 \cdot 22^3 - 3 \cdot 20^3) \approx 2437 \text{ mm}^4 \quad (88)$$

$$A_1 = l_1 \cdot l_2 - 20 \cdot 3 = 22 \cdot 5 - 20 \cdot 3 = 50 \text{ mm}^2 \quad (89)$$

$$l_2 = 3 + 2 \cdot a_1 = 3 + 2 \cdot 1 = 5 \text{ mm} \quad (90)$$

$$e_1 = \frac{110 - 20}{2} = 45 \text{ mm} \quad (91)$$

$$e_{\max} = \frac{110 + 2 \cdot a_1}{2} = \frac{110 + 2 \cdot 1}{2} = 56 \text{ mm} \quad (92)$$

c) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel m}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 1,76^2 + 1,8 \cdot 4,56^2} \approx 6,79 \text{ N/mm}^2 \quad (93)$$

$$\sigma_{\text{red}} \leq \sigma_{Z, \text{dop}} \quad (94)$$

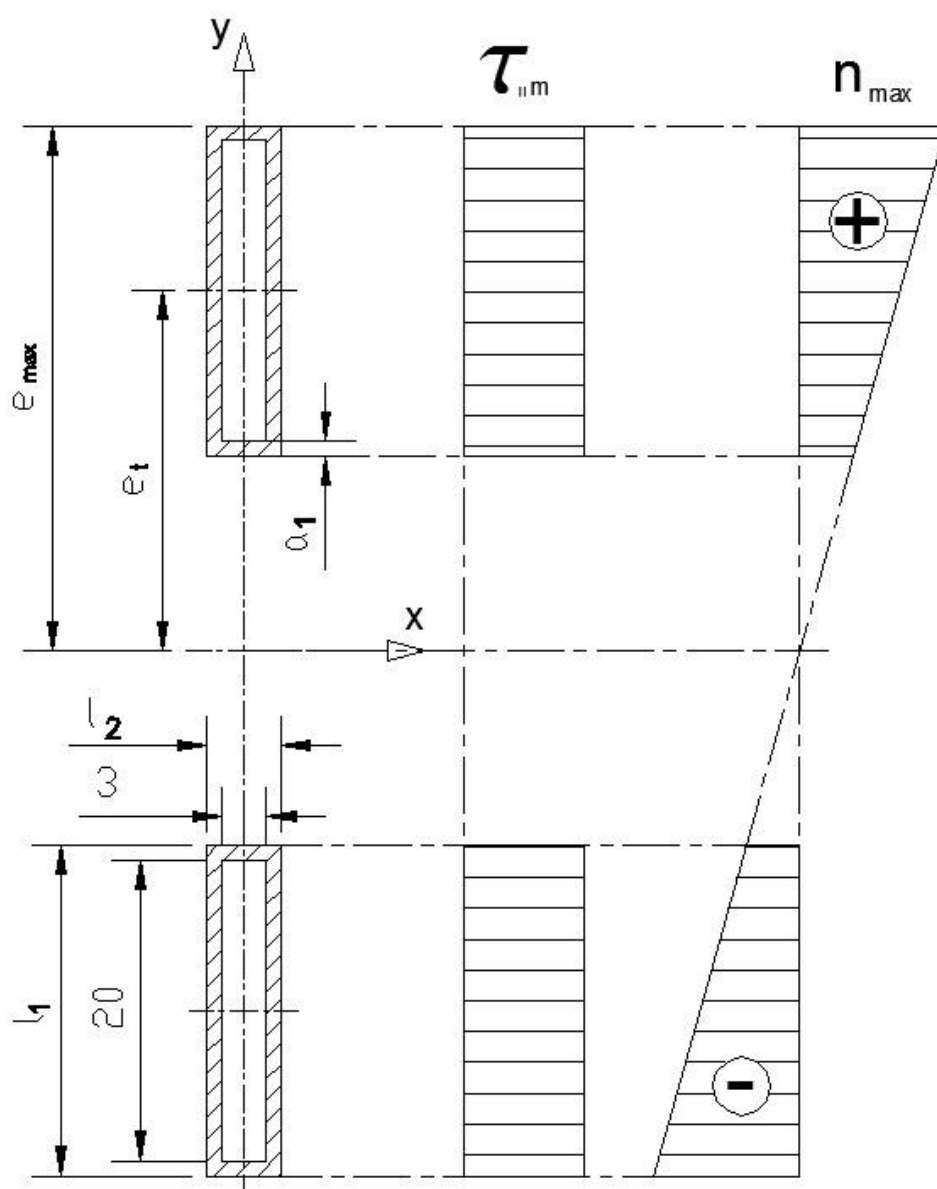
$$6,79 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (95)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2,49 \approx 1,76 \text{ N/mm}^2 \quad (96)$$

$$\sigma_{Z, \text{ dop}} = \beta \cdot \sigma_{\text{ dop}} = 1 \cdot 160 = 160 \text{ N/mm}^2 \quad (97)$$

$$\beta(a \leq 4) = 1 \quad (98)$$

$$\sigma_{dop}(\text{S235JRG2})=160 \text{ N/mm}^2 \quad (99)$$



Slika 24. Presjek zavara a_1

Kontrola zavara a_2 :

Odabrano $a_2=1\text{mm}$.

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m} = t_{\parallel} = \frac{F_{z1}}{2 \cdot l_3 \cdot a_2} = \frac{401}{2 \cdot 58 \cdot 1} \approx 3,46 \text{ N/mm}^2 \quad (100)$$

$$l_3 = 60 - 2 \cdot a_2 = 60 - 2 \cdot 1 = 58 \text{ mm} \quad (101)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{\max} = \frac{M_{x1}}{W_{x2}} = \frac{9223}{1121} \approx 8,23 \text{ N/mm}^2 \quad (102)$$

$$W_{x2} = \frac{I_{x2}}{e_{\max}} = \frac{32519}{29} \approx 1121 \text{ mm}^3 \quad (103)$$

$$I_{x2} = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot a_2 \cdot l_3^3 = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 58^3 \approx 32519 \text{ mm}^4 \quad (104)$$

$$e_{\max} = \frac{l_3}{2} = \frac{58}{2} = 29 \text{ mm} \quad (105)$$

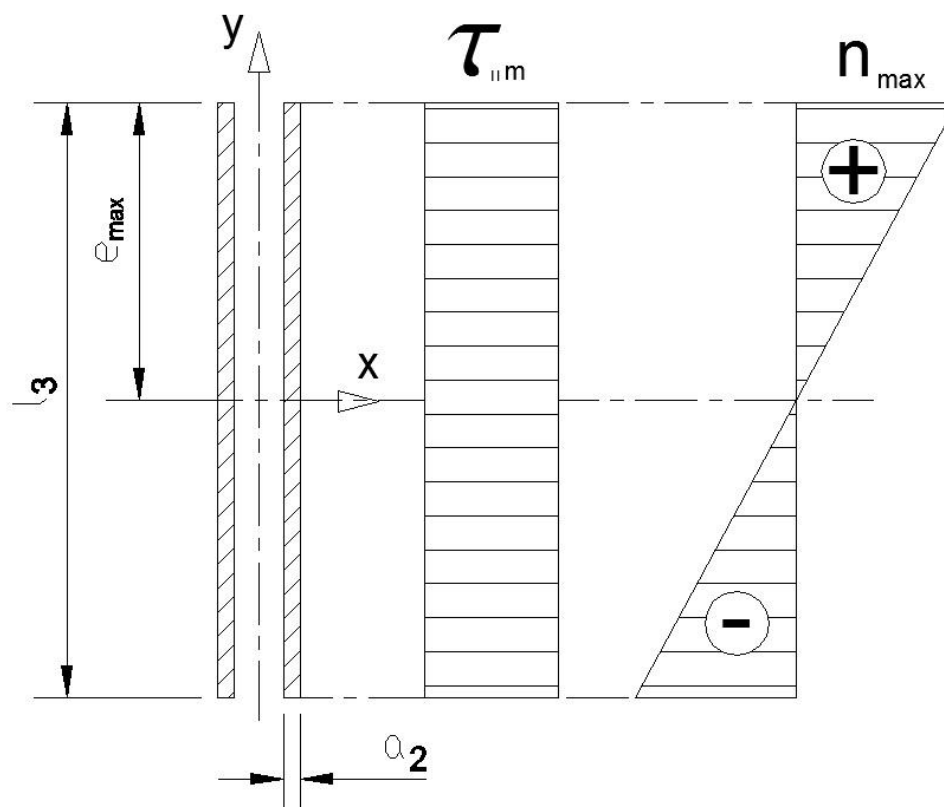
c) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel m}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 5,82^2 + 1,8 \cdot 3,46^2} \approx 10,79 \text{ N/mm}^2 \quad (106)$$

$$\sigma_{\text{red}} \leq \sigma_{Z, \text{dop}} \quad (107)$$

$$10,79 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (108)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 8,23 \approx 5,82 \text{ N/mm}^2 \quad (109)$$

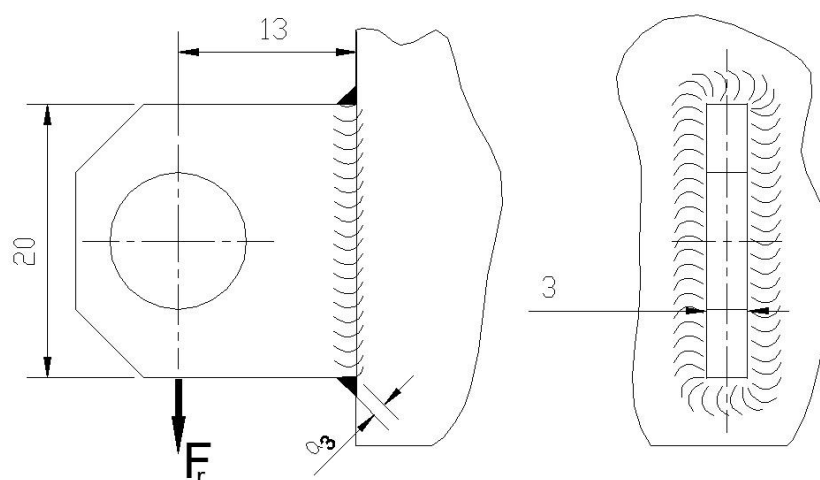
Slika 25. Presjek zavora a_2

4.1.3.2. Dimenzioniranje zavora lima za zavješanje užeta

Zavar a_3 lima za zavješanje užeta opterećen je smično i savojno silom u užetu, prema slici 26.

Najveća dopuštena dimenzija zavora slijedi uvjetovana je najtanjim limom u spoju:

$$a_{3max} = 0,7 \cdot t_{min} = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ mm} \quad (110)$$



Slika 26. Lim za zavješanje užeta

Odabran je zavar $a_3=1\text{ mm}$. Kontrola naprezanja u zavaru:

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m} = t_{\parallel} = \frac{F_r}{2 \cdot l_4 \cdot a_3} = \frac{250}{2 \cdot 22 \cdot 1} \approx 5,68 \text{ N/mm}^2 \quad (111)$$

$$l_4 = 20 + 2 \cdot a_3 = 20 + 2 \cdot 1 = 22 \text{ mm} \quad (112)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{\max} = \frac{M_{x2}}{W_{x3}} = \frac{3250}{220} \approx 14,77 \text{ N/mm}^2 \quad (113)$$

$$M_{x2} = F_r \cdot l_3 = 250 \cdot 13 = 3250 \text{ Nmm} \quad (114)$$

$$W_{x3} = \frac{I_{x3}}{e_{\max}} = \frac{2437}{11} \approx 220 \text{ mm}^3 \quad (115)$$

$$I_{x3} = \frac{1}{12} (l_5 \cdot l_4^3 - 3 \cdot 20^3) = \frac{1}{12} (5 \cdot 22^3 - 3 \cdot 20^3) \approx 2437 \text{ mm}^4 \quad (116)$$

$$l_5 = 3 + 2 \cdot a_3 = 3 + 2 \cdot 1 = 5 \text{ mm} \quad (117)$$

$$e_{\max} = \frac{l_4}{2} = \frac{22}{2} = 11 \text{ mm} \quad (118)$$

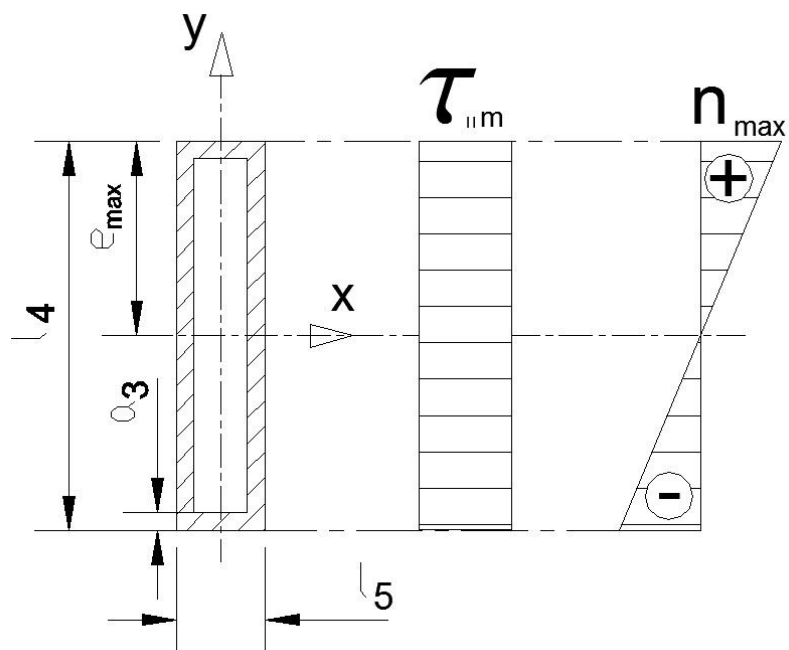
c) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel m}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 10,45^2 + 1,8 \cdot 5,68^2} \approx 17,77 \text{ N/mm}^2 \quad (119)$$

$$\sigma_{\text{red}} \leq \sigma_{Z, \text{dop}} \quad (120)$$

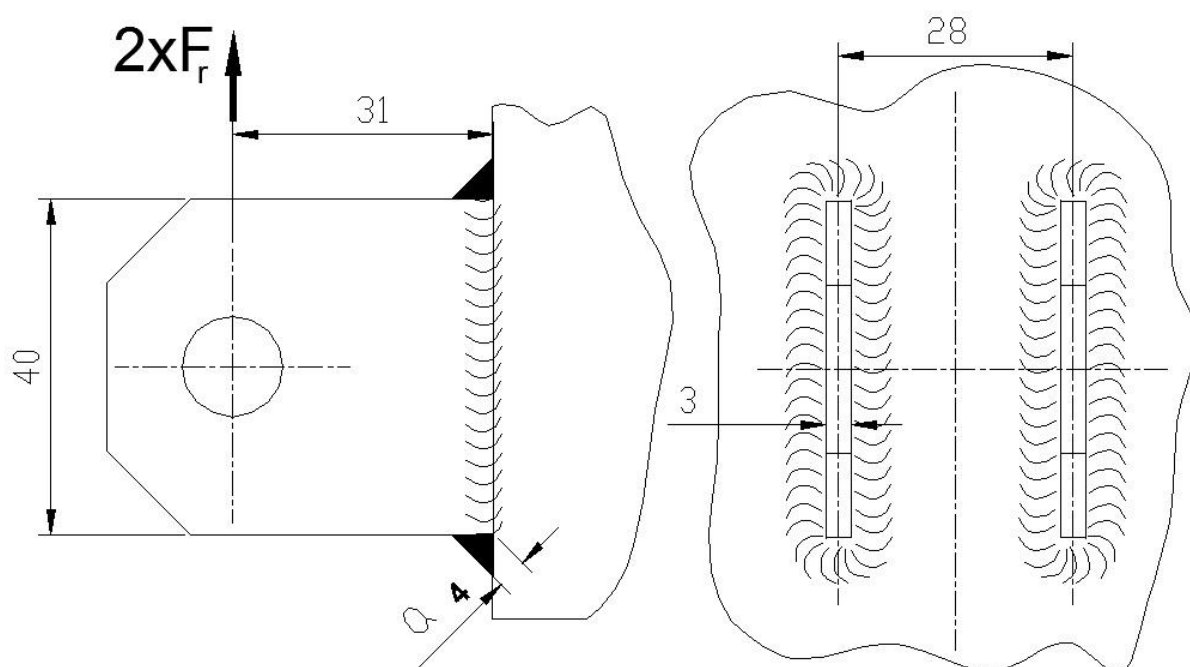
$$17,77 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (121)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 14,77 \approx 10,45 \text{ N/mm}^2 \quad (122)$$

Slika 27. Presjek zavora a_3

4.1.3.3. Dimenzioniranje zavora skretne užnice

Zavari nosivih limova skretne užnice u najnepovoljnijem slučaju opterećeni su dvostrukom silom F_r kao prema slici 28.



Slika 28. Nosivi limovi skretne užnice

Odabran je zavar $a_4=1\text{ mm}$. Kontrola naprezanja u zavaru:

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m} = t_{\parallel} = \frac{2 \cdot F_r}{4 \cdot l_6 \cdot a_4} = \frac{2 \cdot 250}{4 \cdot 42 \cdot 1} \approx 2,98 \text{ N/mm}^2 \quad (123)$$

$$l_7 = 40 + 2 \cdot a_4 = 40 + 2 \cdot 1 = 42 \text{ mm} \quad (124)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{\max} = \frac{M_{x3}}{W_{x4}} = \frac{15500}{1416} \approx 10,95 \text{ N/mm}^2 \quad (125)$$

$$M_{x3} = 2 \cdot F_r \cdot 31 = 2 \cdot 250 \cdot 31 = 15500 \text{ Nmm} \quad (126)$$

$$W_{x4} = \frac{I_{x4}}{e_{\max}} = \frac{29740}{21} \approx 1416 \text{ mm}^3 \quad (127)$$

$$I_{x4} = \frac{2}{12} (l_7 \cdot l_6^3 - 3 \cdot 40^3) = \frac{1}{6} (5 \cdot 42^3 - 3 \cdot 40^3) \approx 29740 \text{ mm}^4 \quad (128)$$

$$l_7 = 3 + 2 \cdot a_4 = 3 + 2 \cdot 1 = 5 \text{ mm} \quad (129)$$

$$e_{\max} = \frac{l_6}{2} = \frac{42}{2} = 21 \text{ mm} \quad (130)$$

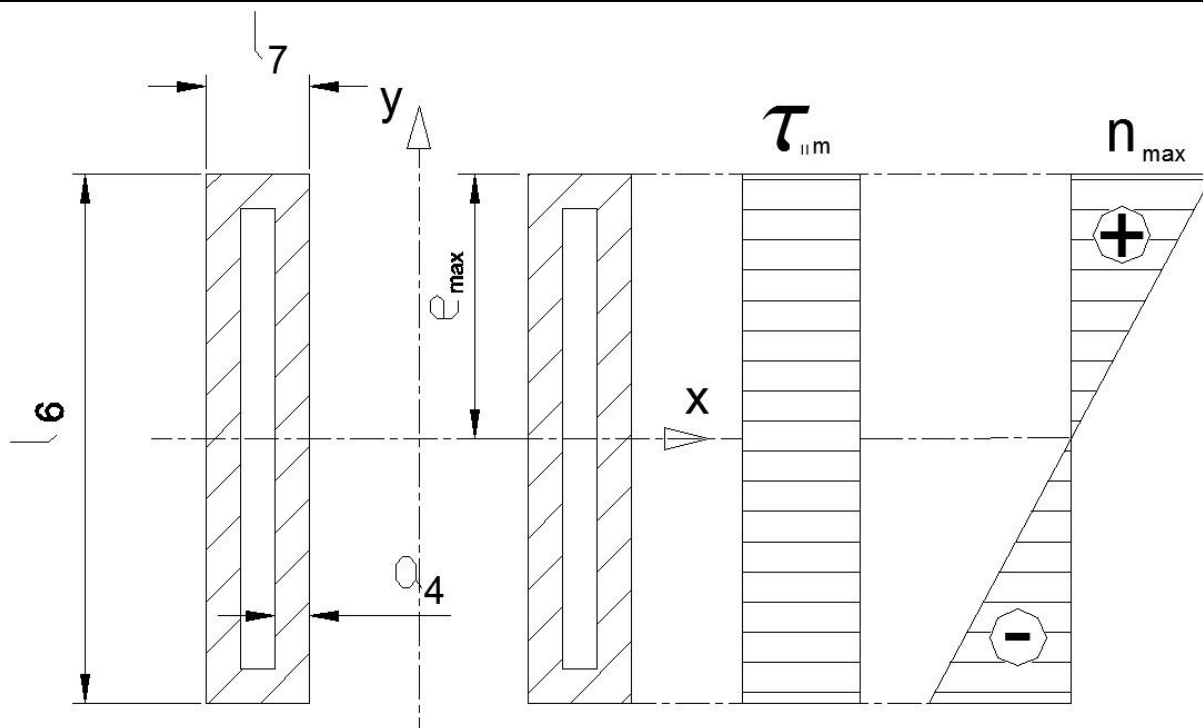
c) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel m}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 7,74^2 + 1,8 \cdot 2,98^2} \approx 13,55 \text{ N/mm}^2 \quad (131)$$

$$\sigma_{\text{red}} \leq \sigma_{Z, \text{dop}} \quad (132)$$

$$13,55 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (133)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 10,95 \approx 7,74 \text{ N/mm}^2 \quad (134)$$

Slika 29. Presjek zavora a_4

4.1.3.4. Kontrola naprezanja osovine užniceice

Potrebno je izvršiti kontrolu naprezanja osovine užnice u presjeku A-A prema slici 30.

$$\sigma_{f, \max} = \frac{M_A}{W_x} \approx \frac{M_A}{0,1 \cdot d_{os}^3} = \frac{3500}{0,1 \cdot 12^3} \approx 20,25 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{f, \text{dop}} = 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (135)$$

$$M_A = \frac{F_r \cdot L}{2} = \frac{250 \cdot 28}{2} = 3500 \text{ Nmm} \quad (136)$$

4.1.3.5. Kontrola pritiska osovine užnice na vanjski obruč

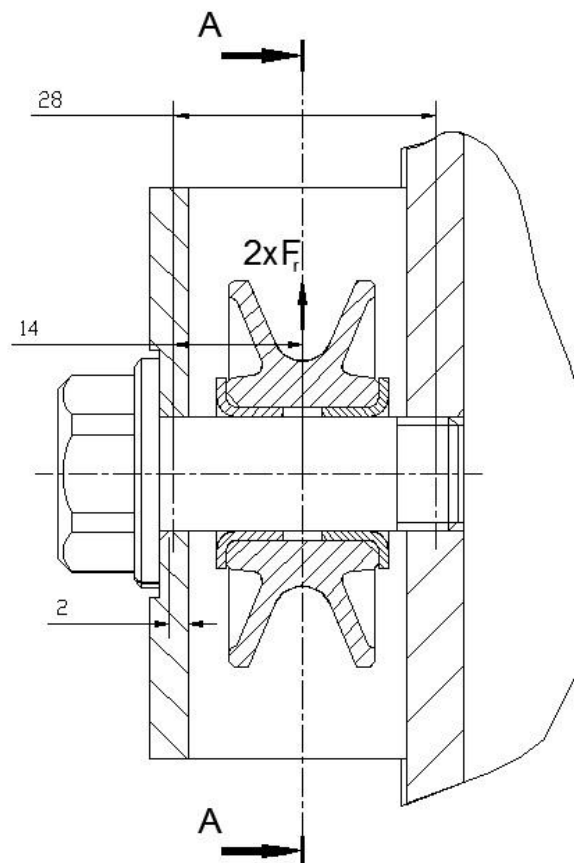
Pritisak osovine na vanjski obruč:

$$p_{os} = \frac{F_r}{d_{os} \cdot t_n} = \frac{250}{12 \cdot 2} = 10,42 \text{ N/mm}^2 \quad (137)$$

Dopušteni pritisak prema [4]:

$$p_{\text{dop}} = (80 \dots 120) \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{odabrano } p_{\text{dop}} = 80 \text{ N/mm}^2 \quad (138)$$

$$p_{os} = 10,42 \text{ N/mm}^2 \leq p_{\text{dop}} = 80 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (139)$$



Slika 30. Uležištenje užnice

4.1.3.6. Kontrola pritiska imbus vijaka na glavni stup suncobrana

Promotrimo li shemu koloturnika sa slike 22 možemo uočiti da na nepomični blok koloturnika djeluje sila F_r multiplicirana faktorom koloturnika uvećanom za 1 ($i_k + 1$). Razlog tomu je prisutstvo skretne užnice na nepomičnom bloku koja povećava ukupni faktor koloturnika za 1 u odnosu na faktor kojim se sila multiplicira na pomični blok. Iskoristivost ovog koloturnika slijedi prema [1]:

$$\eta'_{k,r} = \frac{1}{u+1} \cdot \frac{1-\eta_0^{u+1}}{1-\eta_0} = \frac{1}{9} \cdot \frac{1-0,96^9}{1-0,96} \approx 0,854 \quad (140)$$

Budući da se sila prenosi posredstvom još jedne skretne užnice, ukupni faktor iskoristivosti iznosi:

$$\eta'_{uk} = \eta'_{k,r} \cdot \eta_0 = 0,854 \cdot 0,96 \approx 0,82 \quad (141)$$

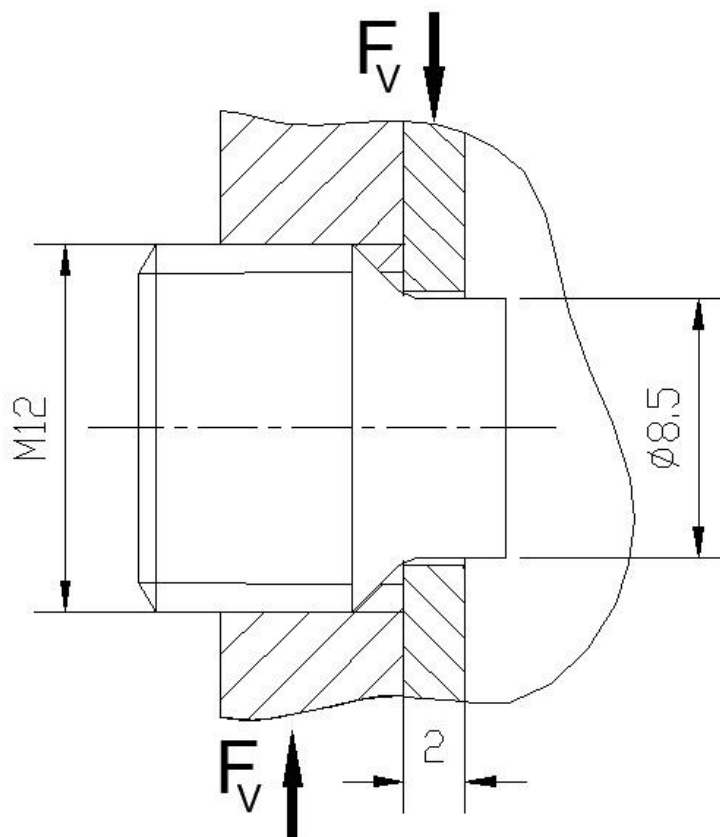
Prema tome je sila koju svaki od četiri vijka za osiguranje treba prenesti na središnji stup suncobrana:

$$F_v = \frac{F_r \cdot \eta'_{uk} \cdot (i_k + 1)}{N_v} = \frac{250 \cdot 0,82 \cdot (8+1)}{4} = 461,25 \text{ N} \quad (142)$$

Promjer cilindrične glave vijka M12 iznosi $d_G = 8,5 \text{ mm}$, a debljina stijenke glavnog stupa $t_s = 2 \text{ mm}$, te je površinski pritisak glave vijka na stijenku stupa:

$$p_v = \frac{F_v}{d_G \cdot t_s} = \frac{461,25}{8,5 \cdot 2} \approx 27,13 \text{ N/mm}^2 \quad (143)$$

$$p_v = 27,13 \text{ N/mm}^2 \leq p_{\text{dop}} = 27,13 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (144)$$



Slika 31. Veza nepomičnog bloka sa stupom

4.2. Dimenzioniranje nosača platna i poluga mehanizma

Nosiva konstrukcija platna sastoji se od četiri bočna i četiri dijagonalna nosača oslonjenih jednim krajem na nepomični blok mehanizma za podizanje te poduprtih polugama spojenim na pomični blok mehanizma za dizanje. Omjer polužja poželjno je odabrati takav da se spoj poluga na nosače nalazi u težištu nosača platna i segmenta platna oslonjenog na nosač, budući da je u tom slučaju savijanje nosača svedeno na minimum. Poželjno je također se poluge mehanizma u otvorenom položaju nalaze pod pravim kutem u odnosu na centralnu os suncobrana kako bi se smanjila sila potrebna za održavanje suncobrana u otvorenom položaju.

4.2.1. Dimenzioniranje nosača platna

Za nosače platna odabrani su šavni kvadratni profili 20x10 debljine stijenke $t_s = 1,5\text{ mm}$. Da bi se odredile potrebne duljine nosača potrebno je najprije odabrati kut nagiba bočne strane suncobrana:

$$\alpha_{B,\max} = 70^\circ \text{ (odabrano)} \quad (145)$$

Duljina bočnog nosača slijedi iz geometrijskih odnosa prema slici 32:

$$l_B = \frac{a}{2 \cdot \sin \alpha_{B,\max}} - k_B = \frac{5000}{2 \cdot \sin 70^\circ} - 105 = 2555 \text{ mm} \quad (146)$$

$$k_B = \frac{f}{2 \cdot \sin \alpha_{B,\max}} = \frac{196}{2 \cdot \sin 70^\circ} = 104 \text{ mm} \quad (147)$$

$$v_P = \sqrt{l_B^2 - \left(\frac{a}{2} - \frac{f}{2}\right)^2} = \sqrt{2555^2 - \left(\frac{5000}{2} - \frac{196}{2}\right)^2} = 871 \text{ mm} \quad (148)$$

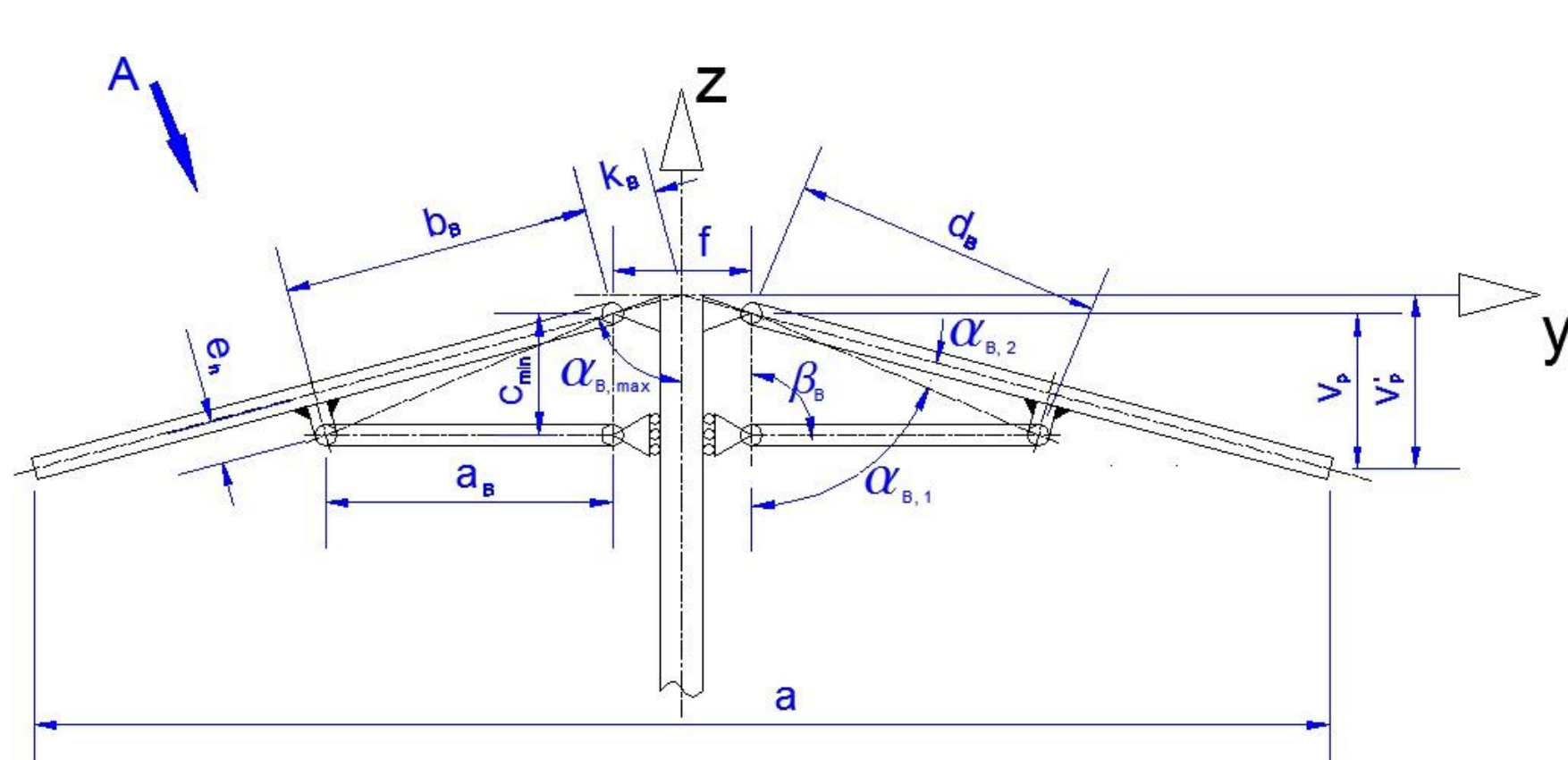
$$v'_P = \frac{a}{2 \cdot \tan \alpha_{B,\max}} = \frac{5000}{2 \cdot \tan 70^\circ} = 910 \text{ mm} \quad (149)$$

Duljina i nagib dijagonalnog nosača slijedi iz geometrijskih odnosa prema slici 34:

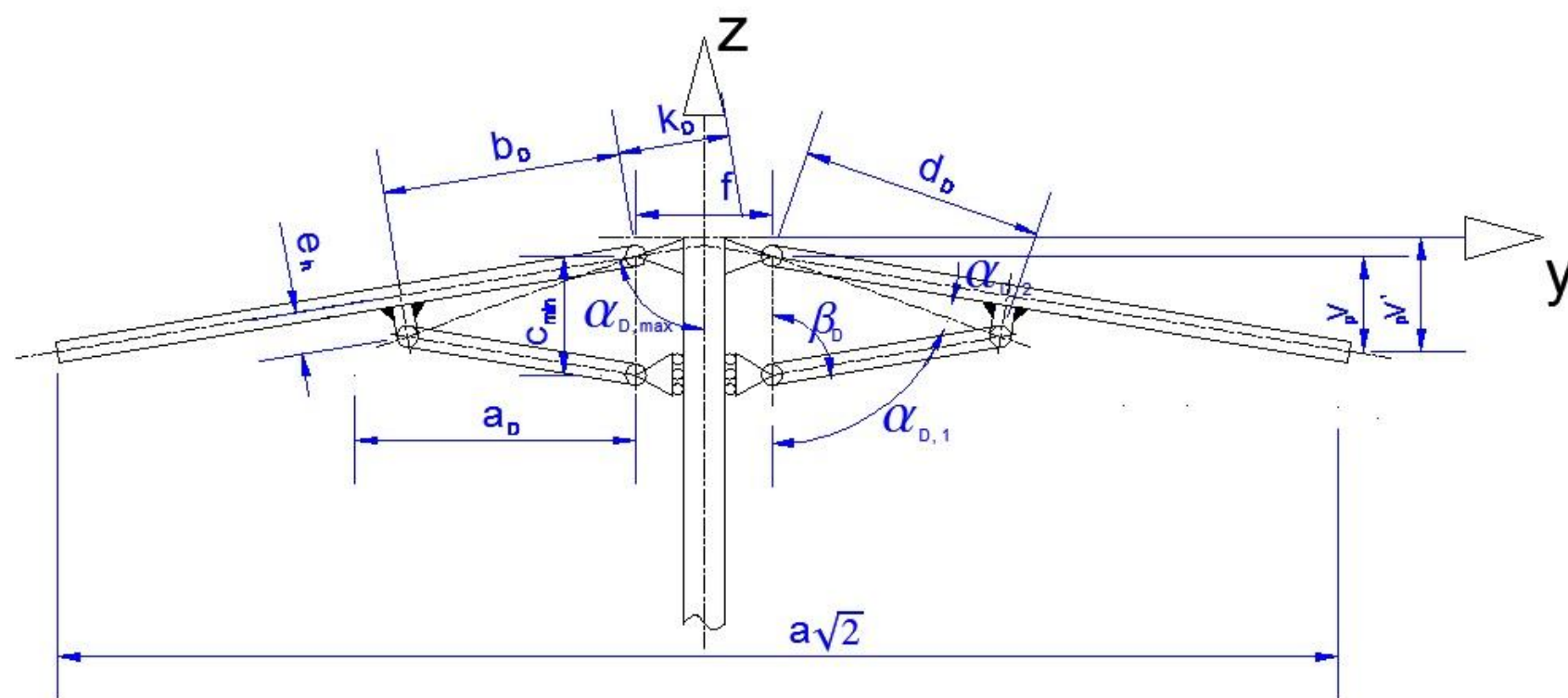
$$l_D = \sqrt{v_P^2 + \left(\frac{a\sqrt{2}}{2} - \frac{f}{2}\right)^2} = \sqrt{871^2 + \left(\frac{5000\sqrt{2}}{2} - \frac{196}{2}\right)^2} = 3546 \text{ mm} \quad (150)$$

$$k_D = \frac{f}{2 \cdot \sin \alpha_{D,\max}} = \frac{196}{2 \cdot \sin 75,781^\circ} = 101 \text{ mm} \quad (151)$$

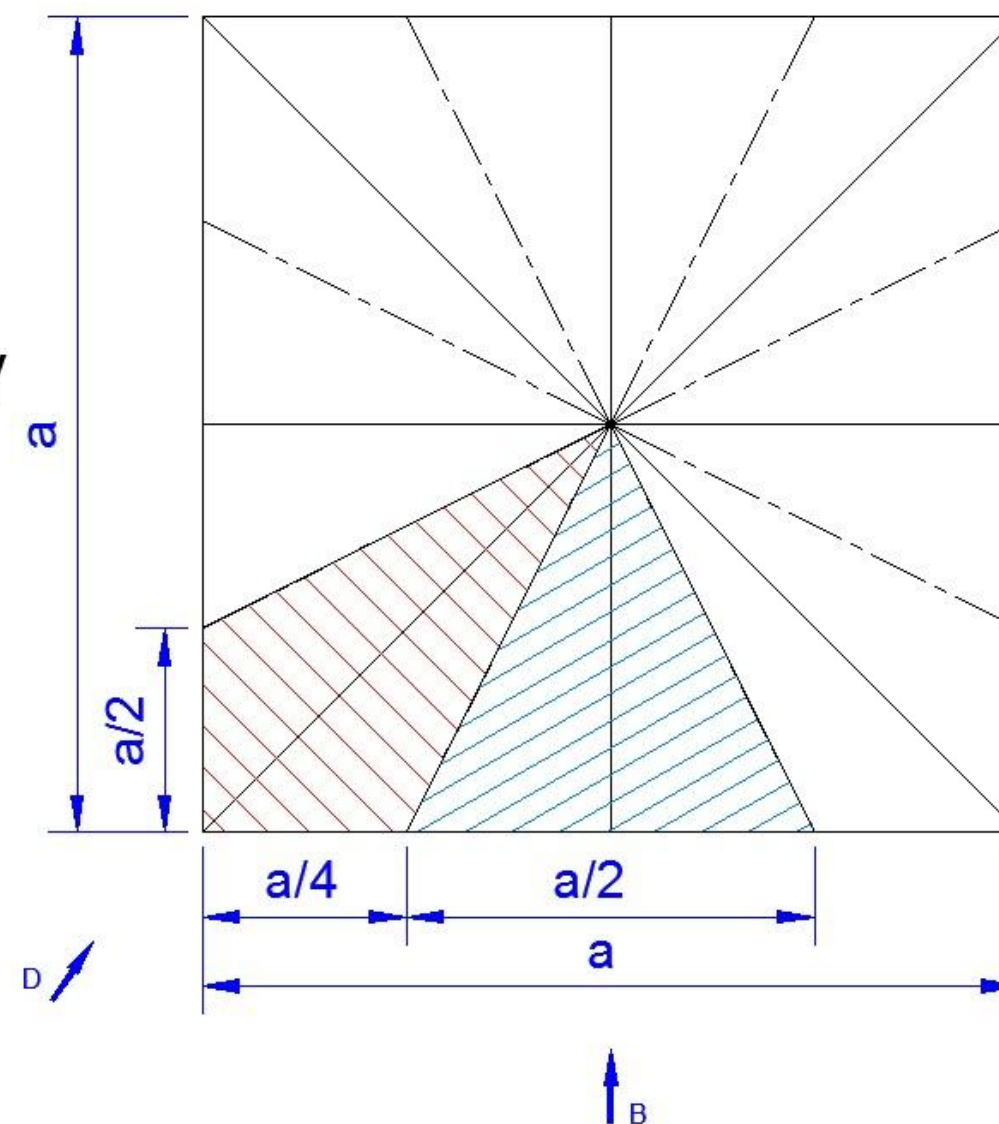
$$\alpha_{D,\max} = \arccos \frac{v_P}{l_D} = \frac{871}{3546} = 75,781^\circ \quad (152)$$



Slika 32. Pogled B



Slika 34. Pogled D



Slika 33. Tlocrt platna

4.2.2. Dimenzioniranje poluga mehanizma

Za odabir dimenzija poluga mehanizma potrebno je najprije pronaći položaje težišta nosača platna i segmenata platna oslonjenih na nosače.

4.2.2.1. Površina i masa platna

Površina platna jednaka je zbroju površina osam pravokutnih trokuta čije su katete duljina $\frac{a}{2}$ i $(l_B + k_B)$:

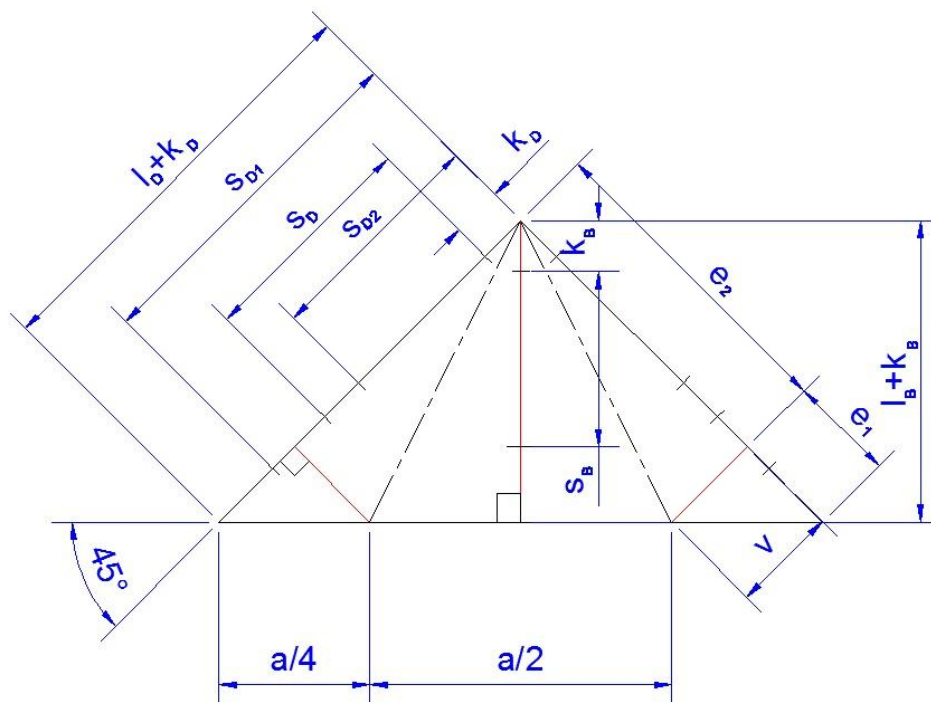
$$A_p = 8 \cdot \frac{a}{2} \cdot (l_B + k_B) = 8 \cdot \frac{2500}{2} \cdot (2555 + 104) = 2,66 \cdot 10^7 \text{ mm}^2 \quad (153)$$

Platno od odabranog materijala dolazi u rasponu masa $\rho_p = (190 \dots 300) \text{ g/m}^2$. Budući da je riječ o suncobranu velike površine odabrano je radi trajnosti najmasivnije platno $\rho_p = 300 \text{ g/m}^2$, iz čega slijedi masa platna:

$$m_p = A_p \cdot \rho_p = 26,6 \cdot 0,3 = 8 \text{ kg} \quad (154)$$

4.2.2.2. Položaj težišta nosača i platna

Da bi se odredio položaj težišta na nosaču potrebno je najprije podijeliti platno na osam segmenata kao prema slici 33. Površina i položaj segmenata platna slijedi iz geometrijskih odnosa prema slici 35:



Slika 35. Pogled A

a) Bočni segment

$$s_B = \frac{2}{3}(l_B + k_B) - k_B = \frac{2}{3}(2555 + 104) - 104 = 1669 \text{ mm} \quad (155)$$

$$A_B = \frac{1}{4} \cdot a \cdot (l_B + k_B) = \frac{1}{4} \cdot 5000 \cdot (2555 + 104) = 3,324 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 \quad (156)$$

$$m_{PB} = A_B \cdot \rho_P = 3,324 \cdot 0,3 \cong 1 \text{ kg} \quad (157)$$

b) Dijagonalni segment

$$s_D = \frac{s_{D1} \cdot A_{D1} + s_{D2} \cdot A_{D2}}{A_{D1} + A_{D2}} - k_D = \frac{s_{D1} \cdot e_1 + s_{D2} \cdot e_2}{e_1 + e_2} - k_D = \frac{3058 \cdot 884 + 1842 \cdot 2763}{884 + 2763} - 101 = 2036 \text{ mm} \quad (158)$$

$$e_1 = \frac{a}{4} \cdot \cos 45^\circ = \frac{5000}{4} \cdot \cos 45^\circ = 884 \text{ mm} \quad (159)$$

$$e_2 = l_D + k_D - e_1 = 3546 + 101 - 884 = 2763 \text{ mm} \quad (160)$$

$$s_{D1} = \frac{e_1}{3} + e_2 = \frac{884}{3} + 2763 = 3058 \text{ mm} \quad (161)$$

$$s_{D2} = \frac{2}{3} e_2 = \frac{2}{3} \cdot 2763 = 1842 \text{ mm} \quad (162)$$

$$m_{PD} = \frac{m_P - 4m_{PB}}{4} = \frac{8 - 4 \cdot 1}{4} = 1 \text{ kg} \quad (163)$$

Za odabrane profile nosača masa po jedinici duljine iznosi $\rho_L = 0,65 \text{ kg/m}$, prema tome mase nosača iznose:

$$m_{LB} = l_B \cdot \rho_L = 2555 \cdot 10^{-3} \cdot 0,65 = 1,66 \text{ kg} \quad (164)$$

$$m_{LD} = l_D \cdot \rho_L = 3546 \cdot 10^{-3} \cdot 0,65 = 2,3 \text{ kg} \quad (165)$$

Položaji težišta platna i nosača u odnosu na oslonac nosača:

$$t_B = \frac{s_B \cdot m_{PB} + \frac{l_B}{2} \cdot m_{LB}}{m_{PB} + m_{LB}} = \frac{1669 \cdot 1 + \frac{2555}{2} \cdot 1,66}{1 + 1,66} = 1425 \text{ mm} \quad (166)$$

$$t_D = \frac{s_D \cdot m_{PD} + \frac{l_D}{2} \cdot m_{LD}}{m_{PD} + m_{LD}} = \frac{2036 \cdot 1 + \frac{3546}{2} \cdot 2,3}{1 + 2,3} = 1853 \text{ mm} \quad (167)$$

4.2.2.3. Duljine poluga mehanizma

Duljina bočne poluge slijedi iz uvjeta $b_B = t_B$ i geometrijskih odnosa sa slike 32:

$$a_B = d_B \cdot \sin \alpha_{B,1} = 1425,22 \cdot \sin 68,995^\circ \cong 1330 \text{ mm} \quad (168)$$

$$d_B = \sqrt{t_B^2 + e_h^2} = 1425,22 \text{ mm} \quad (169)$$

$$\alpha_{B,1} = \alpha_{B,\max} - \alpha_{B,2} = 70 - 1,005 = 68,995^\circ \quad (170)$$

$$\alpha_{B,2} = \arctan \frac{e_h}{b_B} = \arctan \frac{25}{1425} \cong 1,005^\circ \quad (171)$$

Duljina dijagonalne poluge a_D uvjetovana je nagibom dijagonalnog nosača u otvorenom i zatvorenom položaju, te ju određujemo iz sustava jednažbi:

$$a_D + d_D = a_B + d_B = c_{\max} = 2755,22 \text{ mm} \quad (172)$$

$$d_D \cdot \cos \alpha_{D1,\max} + \sqrt{a_D^2 - d_D^2 \sin^2 \alpha_{D1,\max}} = c_{\min} \quad (173)$$

$$\alpha_{D1,\max} = \alpha_{D,\max} - \alpha_{D2} \quad (174)$$

$$d_D = \sqrt{b_D^2 + e_h^2} \quad (175)$$

$$\alpha_{D2} = \arctan \frac{e_h}{b_D} \quad (176)$$

$$c_{\min} = \sqrt{d_B^2 - a_B^2} = \sqrt{1425,22^2 - 1330^2} \approx 512,2 \text{ mm} \quad (177)$$

$$e_h = 25 \text{ mm} \quad (\text{iz konstrukcije}) \quad (178)$$

$$\alpha_{D,\max} = 75,781^\circ \quad (179)$$

Iteracijom ovog sustava dobivamo približno rješenje:

$$a_D = 1356 \text{ mm} \quad (180)$$

$$b_D = 1399 \text{ mm} \quad (181)$$

$$d_D = 1399,22 \text{ mm} \quad (182)$$

$$\alpha_{D2} = 1,024^\circ \quad (183)$$

$$\alpha_{D1,\max} = 75,781^\circ - 1,024^\circ = 74,757^\circ \quad (184)$$

4.2.3. Određivanje sile u mehanizmu

4.2.3.1. Sile u osloncima pri otvaranju suncobrana

Uz poznate dimenzije mehanizma i mase platna i nosača moguće je odrediti sile u osloncima i polugama iz uvjeta ravnoteže prema slici 36:

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$G \cdot t \cdot \sin(\alpha) = F_p \cdot d \cdot \sin(\gamma) \Rightarrow F_p = \frac{G \cdot t \cdot \sin(\alpha)}{d \cdot \sin(\gamma)} \quad (185)$$

$$\Sigma F_z = 0;$$

$$F_p \cdot \cos(\beta) = G + F_{Az} \Rightarrow F_{Az} = F_p \cdot \cos(\beta) - G \quad (186)$$

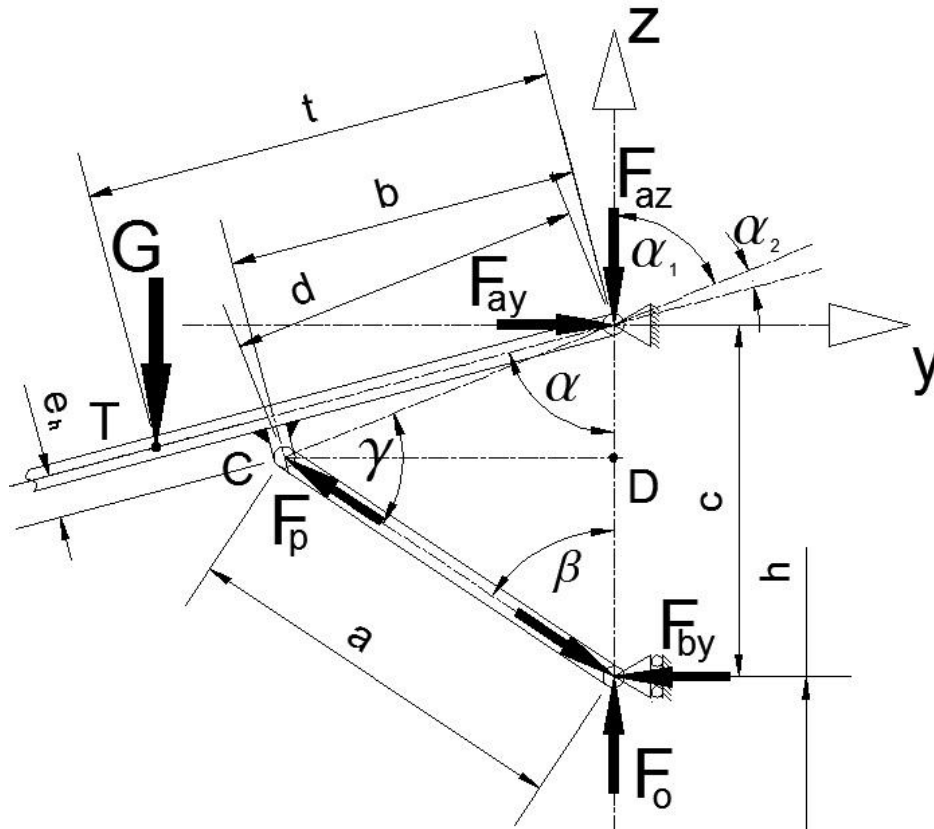
$$\Sigma F_y = 0;$$

$$F_p \cdot \sin(\beta) = F_{Ay} \quad (187)$$

Sile u osloncu B komponente su sile u poluzi:

$$F_{Bz} = F_p \cdot \cos(\beta) \quad (188)$$

$$F_{By} = F_p \cdot \sin(\beta) \quad (189)$$



Slika 36. Polužni mehanizam

Uz poznate geometrijske relacije dobivamo vezu između kutova i položaja mehanizma h :

$$\beta = \arcsin \left[\frac{d}{a} \cdot \sin(\alpha_1) \right] \quad (190)$$

$$\alpha_1 = \alpha - \alpha_{D2} \quad (191)$$

$$\alpha_2 = \arctan \frac{e_h}{b} \quad (192)$$

$$\alpha_1 = \arccos \frac{d^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot d \cdot c} \quad (193)$$

$$c = c_{\max} - h \quad (194)$$

Poznata su i opterećenja G_B i G_D :

$$G_B = g \cdot (m_{PB} + m_{LB}) = 9,81 \cdot (1 + 1,66) \approx 26,1 \text{ N} \quad (195)$$

$$G_D = g \cdot (m_{PD} + m_{LD}) = 9,81 \cdot (1 + 2,3) \approx 32,37 \text{ N} \quad (196)$$

Hod mehanizma dobiva se iz relacije:

$$H = c_{\max} - c_{\min} = 2755,22 - 512,2 \approx 2243 \text{ mm} \quad (197)$$

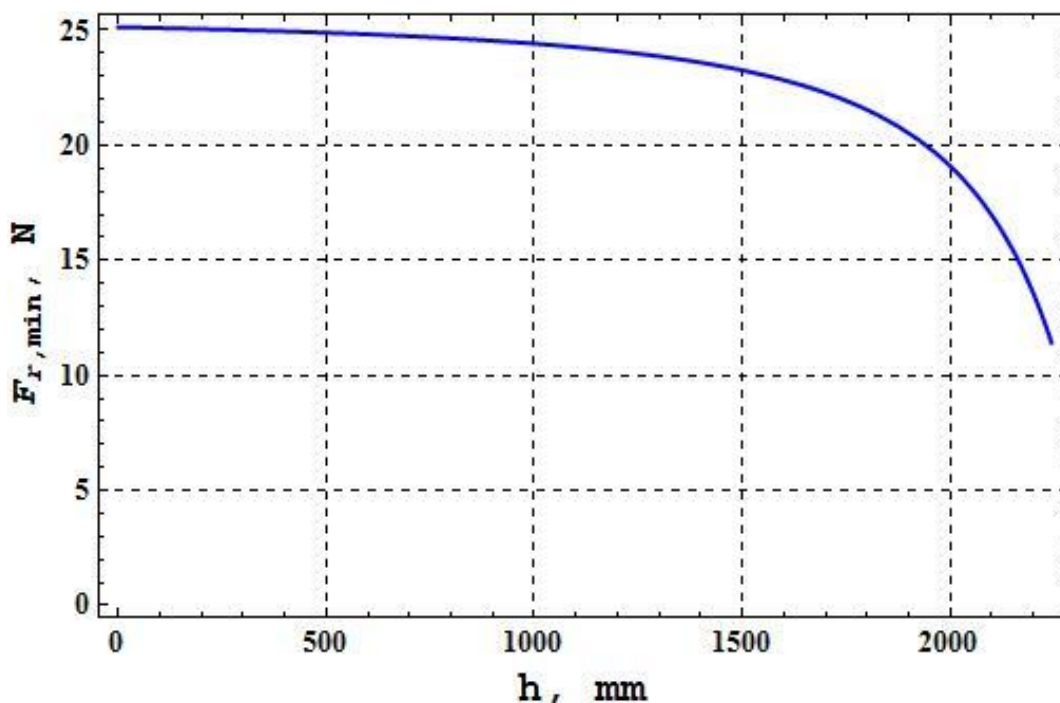
Reakcije u osloncima A i B te sila u polugama u funkciji položaja prikazane su dijagramima na slikama 38-41. Plava boja označava vrijednosti za dijagonalno a crvena vrijednosti za bočno polužje.

Minimalna ručna sila potrebna za rasklapanje suncobrana jednaka je zbroju reakcija u osloncu B u smjeru osi z svih poluga pri njihovoj maksimalnoj vrijednosti i težini pomičnog bloka, podjeljenom prijenosnom odnosu koloturnika i faktorom iskoristivosti mehanizma za dizanje. Reakcije u osloncu B poprimaju maksimalne vrijednosti pri položaju mehanizma $h = 0 \text{ mm}$ (dakle kada je suncobran u potpunosti sklopljen), što je uočljivo sa dijagrama na slici 39.

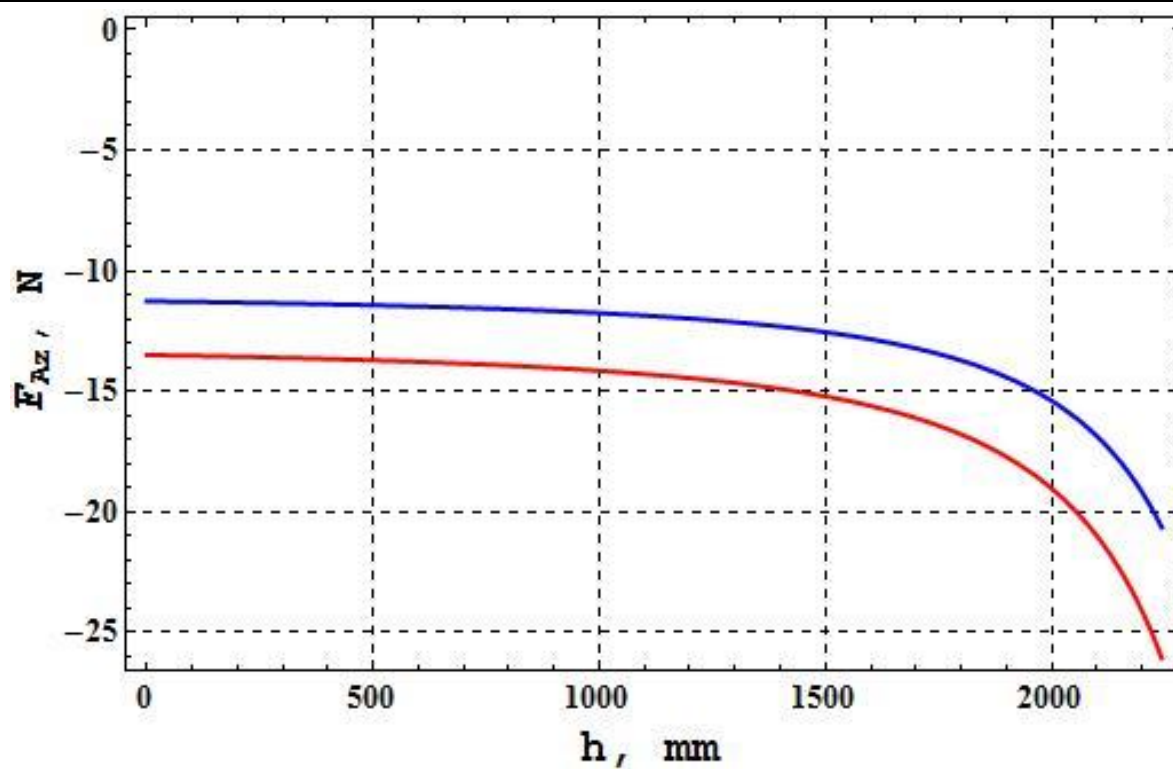
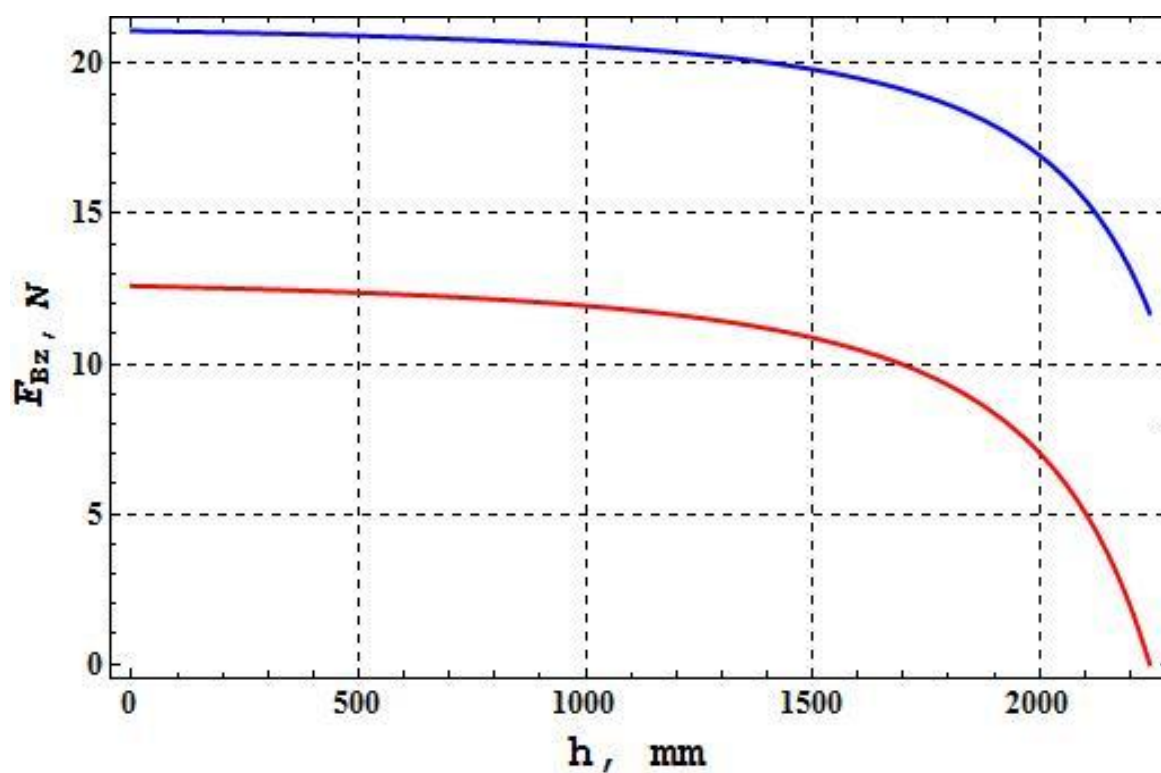
$$F_{r, \min} = \frac{4 \cdot [F_{Bz, \max}^B + F_{Bz, \max}^D] + g \cdot m_{PBI}}{i_k \cdot \eta_{uk}} = \frac{4 \cdot [13 + 21] + 9,81 \cdot 2,7}{8 \cdot 0,802} \approx 25 \text{ N} \quad (198)$$

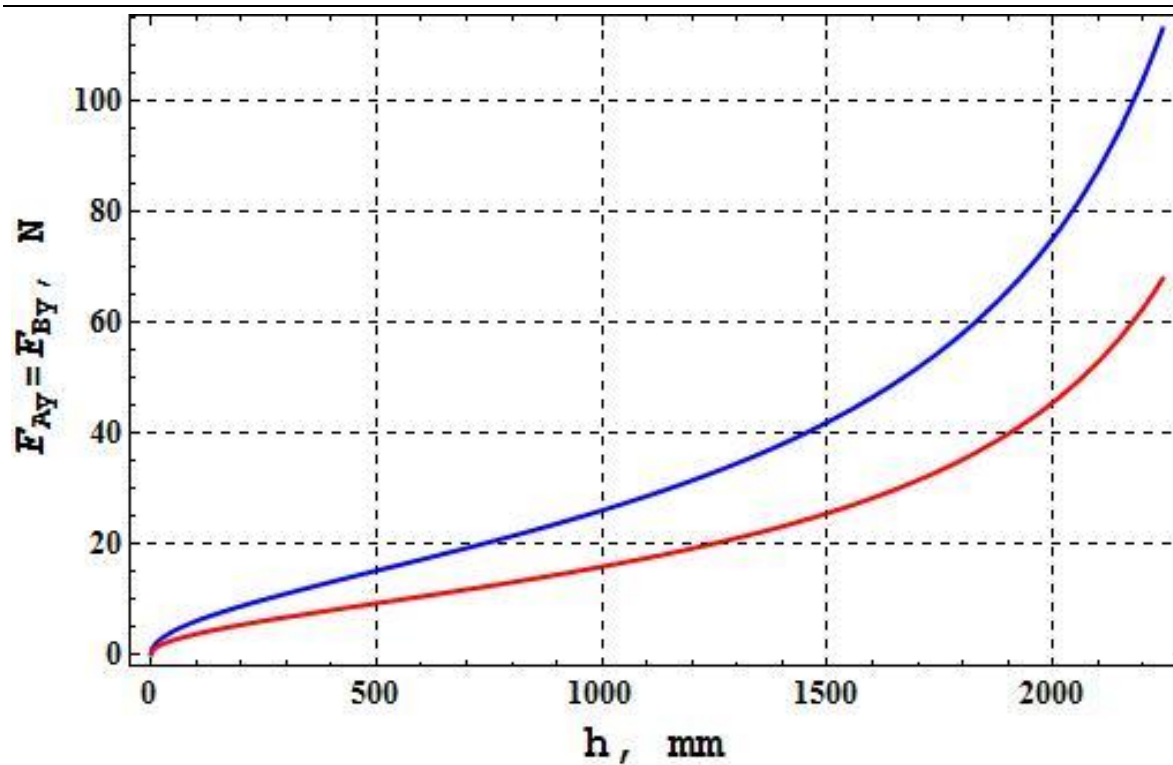
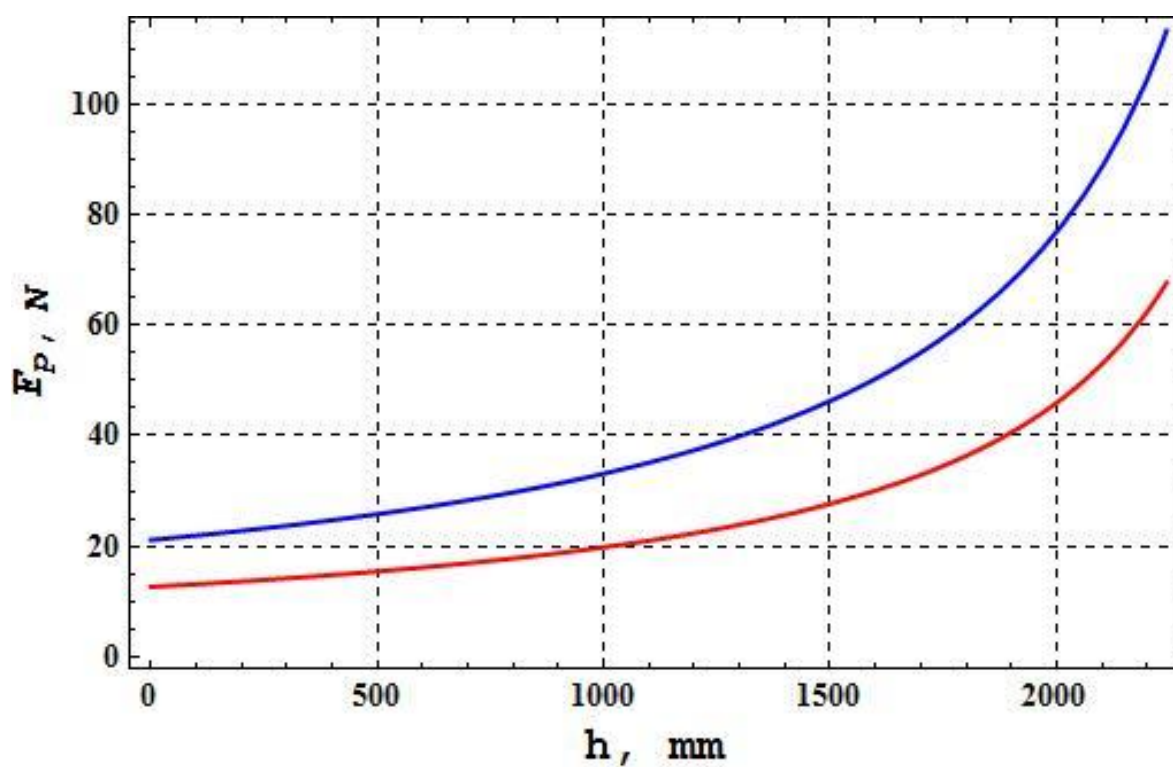
$$m_{PBI} = 2,7 \text{ kg (iz konstrukcije)} \quad (199)$$

$$F_{r, \min} = 25 \text{ N} \leq F_r = 250 \text{ N} \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (200)$$



Slika 37. Minimalna sila ručna sila pri otvaranju

Slika 38. Sila F_{Az} u funkciji koordinate h Slika 39. Sila F_{Bz} u funkciji koordinate h

Slika 40. Sile F_{Ay} i F_{By} u funkciji koordinate h Slika 41. Sila u poluzi a u funkciji koordinate h

4.2.3.2. Sile u osloncima pri otvorenom položaju uz opterećenje vjetrom

Prema literaturi [1] sila vjetra na bočnu stranu suncobrana iznosi:

$$F_{vj, B} = c_z \cdot q \cdot A_{vj, B} = 1,2 \cdot 10,71 \cdot 2,275 = 29 \text{ N} \quad (201)$$

$$A_{vj, B} = \frac{1}{2} v'_p \cdot a = \frac{1}{2} \cdot 910 \cdot 5000 = 2,275 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 \quad (202)$$

$$c_z = 1,2 \text{ (za zaklonjene površine)} \quad (203)$$

$$q = \frac{v_o^2}{21} = \frac{15^2}{21} \approx 10,71 \text{ N/m}^2 \quad (204)$$

$$v_0 = 15 \text{ km/h (zadano)} \quad (205)$$

Sila vjetra na dijagonalnu stranu suncobrana oznosi:

$$F_{vj, D} = c_z \cdot q \cdot A_{vj, D} = F_{vj, B} \cdot \sqrt{2} \approx 41 \text{ N} \quad (206)$$

$$A_{vj, D} = \frac{1}{2} v'_p \cdot a \sqrt{2} = A_{vj, B} \cdot \sqrt{2} = 2,275 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{2} = 3,22 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 \quad (207)$$

Djelovanje sile vjetra aproksimirano je jednom koncentriranom silom sa hvatištem u geometrijskom težištu površine na koju djeluje što je prikazano slikom 42. Sile u osloncima možemo odrediti iz uvijeta ravnoteže nosača:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0; \\ G \cdot t \cdot \sin(\alpha_{\max}) + F_{vj} \cdot s \cdot \cos(\alpha_{\max}) &= F_p \cdot d \cdot \sin(\gamma) \end{aligned} \quad (208)$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_z &= 0; \\ F_p \cdot \cos(\beta) &= G + F_{Az} \end{aligned} \quad (209)$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0; \\ F_p \cdot \sin(\beta) &= F_{Ay} + F_{vj} \end{aligned} \quad (210)$$

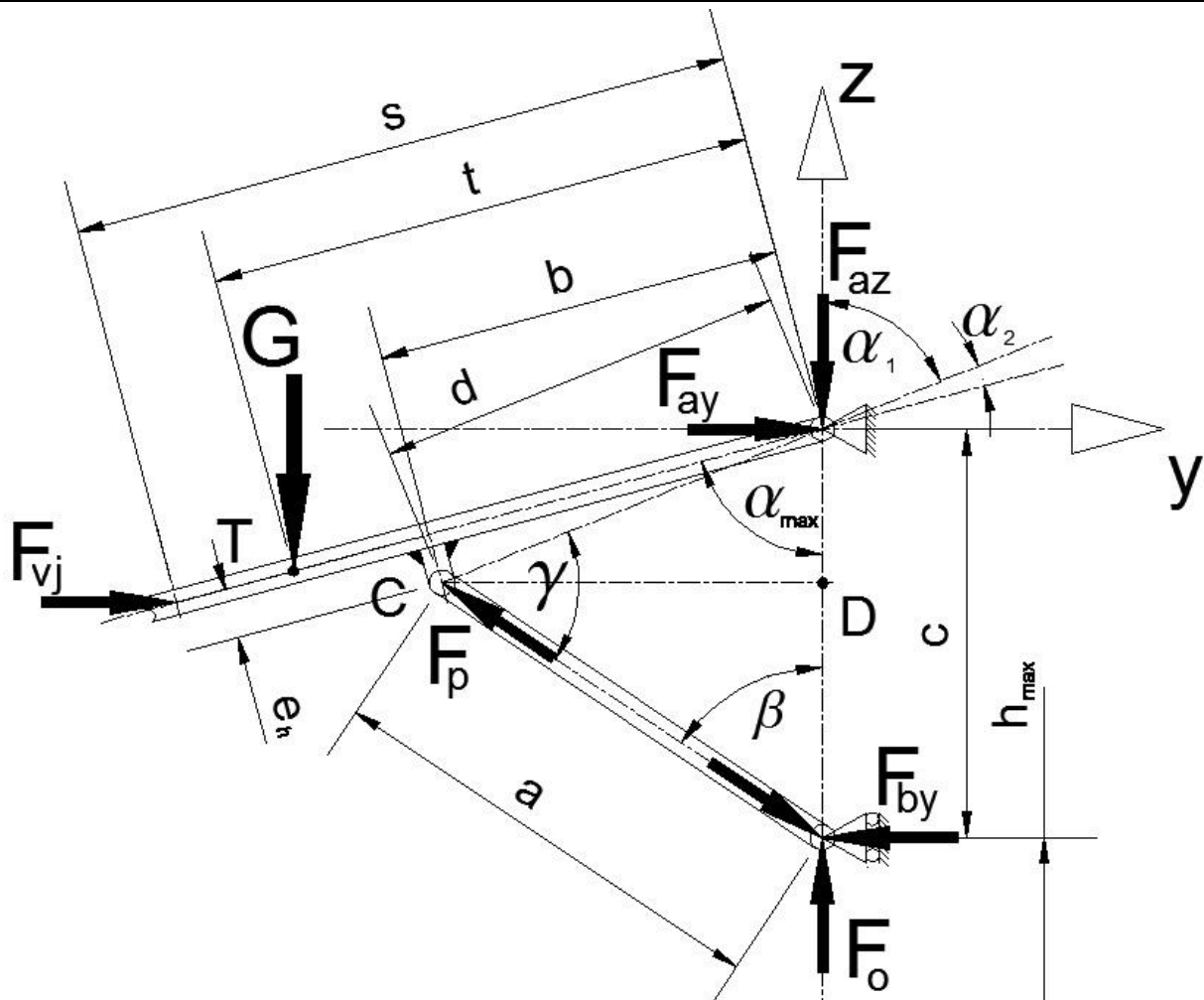
Iz izraza (208) slijedi izraz za silu u poluzi:

$$F_p = \frac{G \cdot t \cdot \sin(\alpha_{\max}) + F_{vj} \cdot s \cdot \cos(\alpha_{\max})}{d \cdot \sin(\gamma)} \quad (211)$$

Iz izraza (209) i (210) slijede izrazi za komponente reakcije u osloncu A:

$$F_{Az} = F_p \cdot \cos(\beta) - G \quad (212)$$

$$F_{Ay} = F_p \cdot \sin(\beta) - F_{vj} \quad (213)$$



Slika 42. Opterećenje vjetrom

Ukupna reakcija u osloncu B jednaka je sili u poluzi, te komponente reakcije u smjeru osi z i y dobivamo prema izrazima:

$$F_{Bz} = F_p \cdot \cos(\beta) \quad (214)$$

$$F_{By} = F_p \cdot \sin(\beta) \quad (215)$$

Uvrstimo li u izraze (211)-(215) vrijednosti za bočnu stranu dobivamo:

$$\begin{aligned} F_{p,B} &= \frac{G_B \cdot t_B \cdot \sin(\alpha_{\max,B}) + F_{vj,B} \cdot s_B \cdot \cos(\alpha_{\max,B})}{d_B \cdot \sin(\gamma_B)} = \\ &= \frac{26,1 \cdot 1425 \cdot \sin(70^\circ) + 29 \cdot 1669 \cdot \cos(70^\circ)}{1425,22 \cdot \sin(21,005^\circ)} \approx 101 \text{ N} \end{aligned} \quad (216)$$

$$\gamma_B = 90^\circ - \alpha_{1,B} = 90^\circ - 68,995^\circ = 21,005^\circ \quad (217)$$

$$F_{Az}^B = F_{p,B} \cdot \cos(\beta_B) - G_B = 101 \cdot \cos(90^\circ) - 26,1 = -26,1 \text{ N} \quad (218)$$

$$F_{Ay}^B = F_{p,B} \cdot \sin(\beta_B) - F_{vj,B} = 101 \cdot \sin(90^\circ) - 29 = 72 \text{ N} \quad (219)$$

$$F_{Bz}^B = F_{p,B} \cdot \cos(\beta_B) = 101 \cdot \cos(90^\circ) = 0 \text{ N} \quad (220)$$

$$F_{By}^B = F_{p,B} \cdot \sin(\beta_B) = 101 \cdot \sin(90^\circ) = 101 \text{ N} \quad (221)$$

Uvrstimo li u izraze (211)-(215) vrijednosti za dijagonalnu stranu dobivamo:

$$F_{p,D} = \frac{G_D \cdot t_D \cdot \sin(\alpha_{\max,D}) + F_{vj,D} \cdot s_D \cdot \cos(\alpha_{\max,D})}{d_D \cdot \sin(\gamma_D)} =$$

$$= \frac{32,37 \cdot 1853 \cdot \sin(75,781^\circ) + 41 \cdot 2036 \cdot \cos(75,781^\circ)}{1399,22 \cdot \sin(20,606^\circ)} \approx 160 \text{ N} \quad (222)$$

$$\gamma_D = \pi - \alpha_{1,D} - \beta_D = \pi - 74,757^\circ - 84,606^\circ = 20,819^\circ \quad (223)$$

$$\beta_D = \arcsin\left[\frac{d_D}{a_D} \sin \alpha_{1,D}\right] = \arcsin\left[\frac{1399,22}{1356} \sin 74,757^\circ\right] \approx 84,606^\circ \quad (224)$$

$$F_{Az}^D = F_{p,D} \cdot \cos(\beta_D) - G_D = 160 \cdot \cos(84,606^\circ) - 32,37 \approx -17,33 \text{ N} \quad (225)$$

$$F_{Ay}^D = F_{p,D} \cdot \sin(\beta_D) - F_{vj,D} = 160 \cdot \sin(84,606^\circ) - 41 \approx 118,29 \text{ N} \quad (226)$$

$$F_{Bz}^D = F_{p,D} \cdot \cos(\beta_D) = 160 \cdot \cos(84,606^\circ) \approx 15,04 \text{ N} \quad (227)$$

$$F_{By}^D = F_{p,D} \cdot \sin(\beta_D) = 160 \cdot \sin(84,606^\circ) \approx 159,29 \text{ N} \quad (228)$$

4.2.3. Kontrola naprezanja u nosačima platna uz opterećenje vjetrom

Najveće naprezanje nosača platna biti će u presjeku na mjestu spoja poluge na nosač, budući da na tom presjeku moment savijanja poprima najveću vrijednost $M_{x,\max}$:

$$\sigma_{\max} = \sigma_v + \sigma_{f,\max} \quad (229)$$

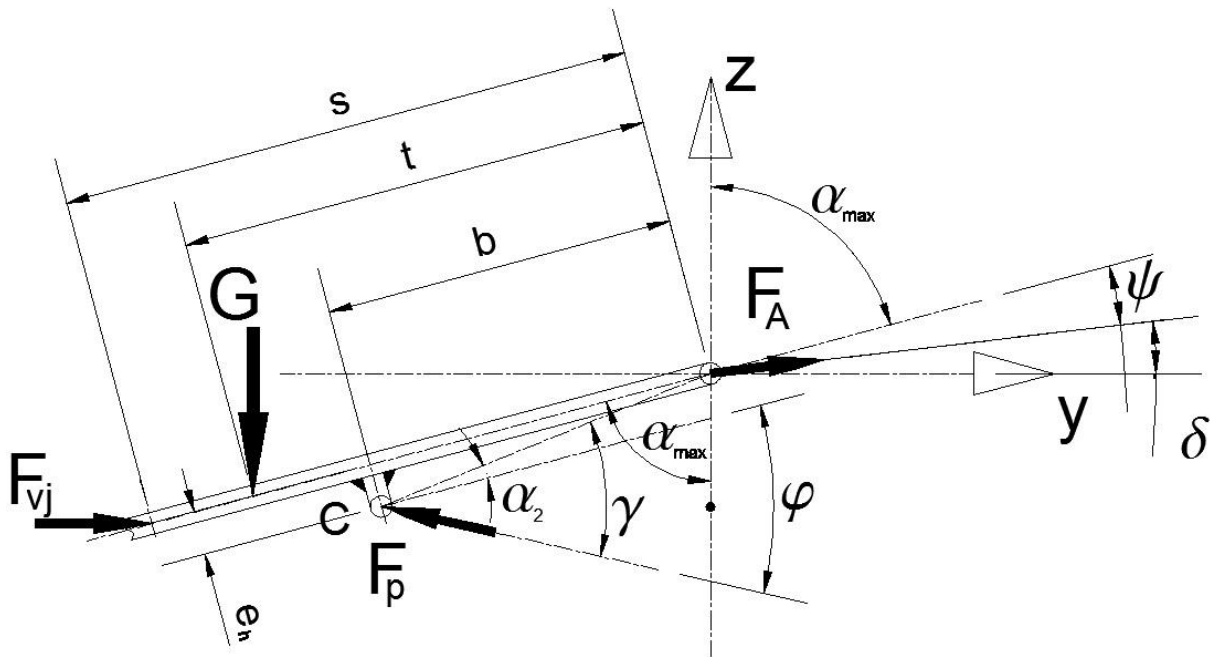
$$\sigma_{\max} = \sigma_v + \sigma_{f,\max} \quad (230)$$

$$\sigma_v = \frac{F_A \cdot \cos \psi}{A} \quad (231)$$

$$\sigma_{f,\max} = \frac{M_{x,\max}}{W_x} \quad (232)$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ay}^2 + F_{Az}^2} \quad (233)$$

$$M_{x,\max} = F_p \cdot \cos \varphi \cdot e_h + F_A \cdot \sin \psi \cdot b \quad (234)$$



Slika 43. Nosač platna

Karakteristike presjeka nosača:

$$A = 10 \cdot 20 - 7 \cdot 17 = 81 \text{ mm}^2 \quad (235)$$

$$I_x = \frac{1}{12} (10 \cdot 20^3 - 7 \cdot 17^3) \approx 3800 \text{ mm}^4 \quad (236)$$

$$I_y = \frac{1}{12} (10^3 \cdot 20 - 7^3 \cdot 17) \approx 1180 \text{ mm}^4 \quad (237)$$

$$W_x = \frac{I_x}{e_x} = \frac{3800}{10} = 380 \text{ mm}^3 \quad (238)$$

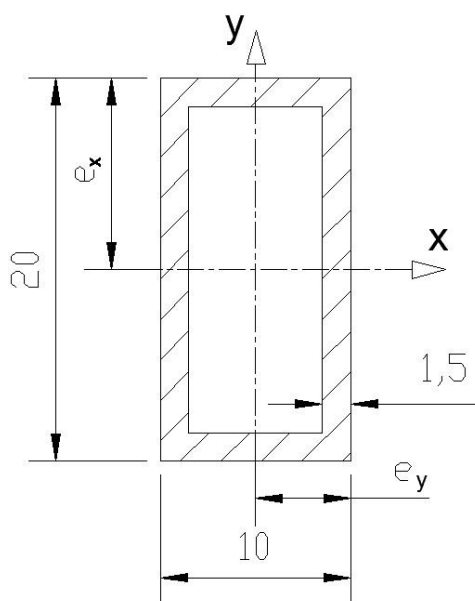
$$W_y = \frac{I_y}{e_y} = \frac{1180}{5} = 236 \text{ mm}^3 \quad (239)$$

Kutove ψ , δ i φ dobivamo iz geometrijskih relacija prema slici 43:

$$\psi = 90^\circ - \alpha_{\max} - \delta \quad (240)$$

$$\delta = \arctan \frac{F_{Az}}{F_{Ay}} \quad (241)$$

$$\varphi = \gamma - \alpha_2 \quad (242)$$



Slika 44. Presjek nosača platna

4.2.3.1. Kontrola naprezanja bočnih nosača

$$\sigma_{\max, B} = \sigma_{v, B} + \sigma_{f, \max, B} = 0,95 + 6,62 = 7,57 \text{ N/mm}^2 \quad (243)$$

$$\sigma_v = \frac{F_A \cdot \cos \psi}{A} = \frac{76,58 \cdot \cos 0,074^\circ}{81} = 0,95 \text{ N/mm}^2 \quad (244)$$

$$\sigma_{f, \max, B} = \frac{M_{x, \max, B}}{W_x} = \frac{2514}{380} \approx 6,62 \text{ N/mm}^2 \quad (245)$$

$$F_A = \sqrt{(F_{Ay}^B)^2 + (F_{Az}^B)^2} = \sqrt{(-26,1)^2 + (72)^2} = 76,58 \text{ N} \quad (246)$$

$$M_{x, \max, B} = F_{p, B} \cdot \cos \varphi_B \cdot e_h + F_A^B \cdot \sin \psi_B \cdot b_B = 101 \cdot \cos 20^\circ \cdot 25 + 76,58 \cdot \sin 0,074^\circ \cdot 1425 \approx 2514 \text{ Nmm} \quad (247)$$

$$\psi_B = 90^\circ - \alpha_{\max, B} - \delta_B = 90^\circ - 70^\circ - 19,926^\circ = 0,074^\circ \quad (248)$$

$$\delta_B = \arctan \left| \frac{F_{Az}^B}{F_{Ay}^B} \right| = \arctan \left| \frac{-26,1}{72} \right| = 19,926^\circ \quad (249)$$

$$\varphi_B = \gamma_B - \alpha_{2, B} = 21,005^\circ - 1,005^\circ = 20^\circ \quad (250)$$

$$\sigma_{\max, B} = 7,57 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (251)$$

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{R_e}{S} = \frac{240}{4} = 60 \text{ N/mm}^2 \quad (252)$$

$$R_e = 240 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{za S235JRG2}) \quad (253)$$

4.2.3.2. Kontrola naprezanja dijagonalnih nosača

$$\sigma_{\max,D} = \sigma_{v,D} + \sigma_{f,\max,D} = 1,47 + 55,19 = 56,66 \text{ N/mm}^2 \quad (254)$$

$$\sigma_v = \frac{F_A \cdot \cos \psi}{A} = \frac{120 \cdot \cos 5,884^\circ}{81} = 1,47 \text{ N/mm}^2 \quad (255)$$

$$\sigma_{f,\max,B} = \frac{M_{x,\max,B}}{W_x} = \frac{20974}{380} \approx 55,19 \text{ N/mm}^2 \quad (256)$$

$$F_A = \sqrt{(F_{Ay}^D)^2 + (F_{Az}^D)^2} = \sqrt{(-17,33)^2 + (118,29)^2} \approx 120 \text{ N} \quad (257)$$

$$M_{x,\max,D} = F_{p,D} \cdot \cos \varphi_D \cdot e_h + F_A^D \cdot \sin \psi_D \cdot b_D = \\ = 160 \cdot \cos 19,795^\circ \cdot 25 + 120 \cdot \sin 5,884^\circ \cdot 1399 \approx 20974 \text{ Nmm} \quad (258)$$

$$\psi_D = 90^\circ - \alpha_{\max,D} - \delta_D = 90^\circ - 75,781^\circ - 8,335^\circ = 5,884^\circ \quad (259)$$

$$\delta_D = \arctan \left| \frac{F_{Az}^D}{F_{Ay}^D} \right| = \arctan \left| \frac{-17,33}{118,29} \right| = 8,335^\circ \quad (260)$$

$$\varphi_D = \gamma_D - \alpha_{2,D} = 20,819^\circ - 1,024^\circ = 19,795^\circ \quad (261)$$

$$\sigma_{\max,D} = 56,66 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (262)$$

4.2.4. Kontrola poluga na izvijanje uz opterećenje vjetrom

Budući da je dijagonalna poluga dulja (a time i vitkija) i opterećena većom silom od bočne poluge, dovoljno je izvršiti samo kontrolu dijagonalne poluge. Proračun je izvršen prema literaturi [3].

4.2.4.1. Izvijanje oko osi x

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{1356}{6,85} \approx 198 > 105 \rightarrow \text{izvijanje po Euleru} \quad (263)$$

$$l_x = a_D = 1356 \text{ mm} \quad (264)$$

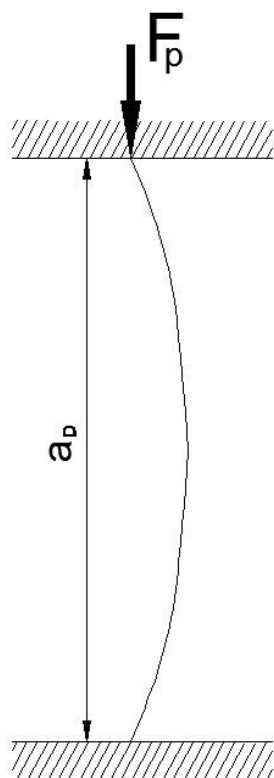
$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{3800}{81}} \approx 6,85 \text{ mm} \quad (265)$$

$$F_{\text{dop},x} = \pi^2 \frac{EI_x}{l_x^2 \cdot \nu} = \pi^2 \frac{200000 \cdot 3800}{1356^2 \cdot 5} \approx 816 \text{ N} \quad (266)$$

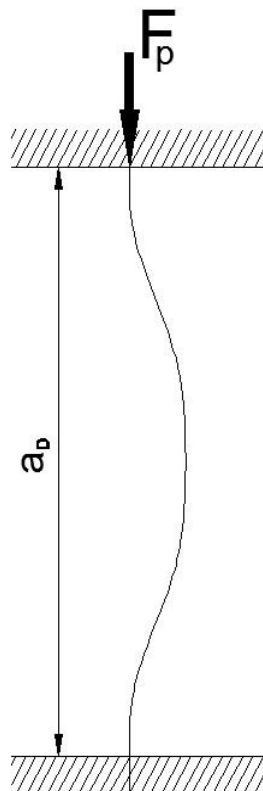
$$\nu = 5 \text{ (za čelik)} \quad (267)$$

$$E = (200 \dots 220) \text{ GPa (za čelik)} \quad (268)$$

$$F_{p,D} = 160 \text{ N} < F_{\text{dop},x} = 816 \text{ N} \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (269)$$



Slika 46. Izvijanje oko osi x



Slika 45. Izvijanje oko osi y

4.2.4.2. Izvijanje oko osi y

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{678}{3,82} \approx 177 > 105 \rightarrow \text{izvijanje po Euleru} \quad (270)$$

$$l_y = \frac{a_D}{2} = 678 \text{ mm} \quad (271)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1180}{81}} \approx 3,82 \text{ mm} \quad (272)$$

$$F_{\text{dop},y} = \pi^2 \frac{EI_y}{l_y^2 \cdot \nu} = \pi^2 \frac{200000 \cdot 1180}{678^2 \cdot 5} \approx 1013 \text{ N} \quad (273)$$

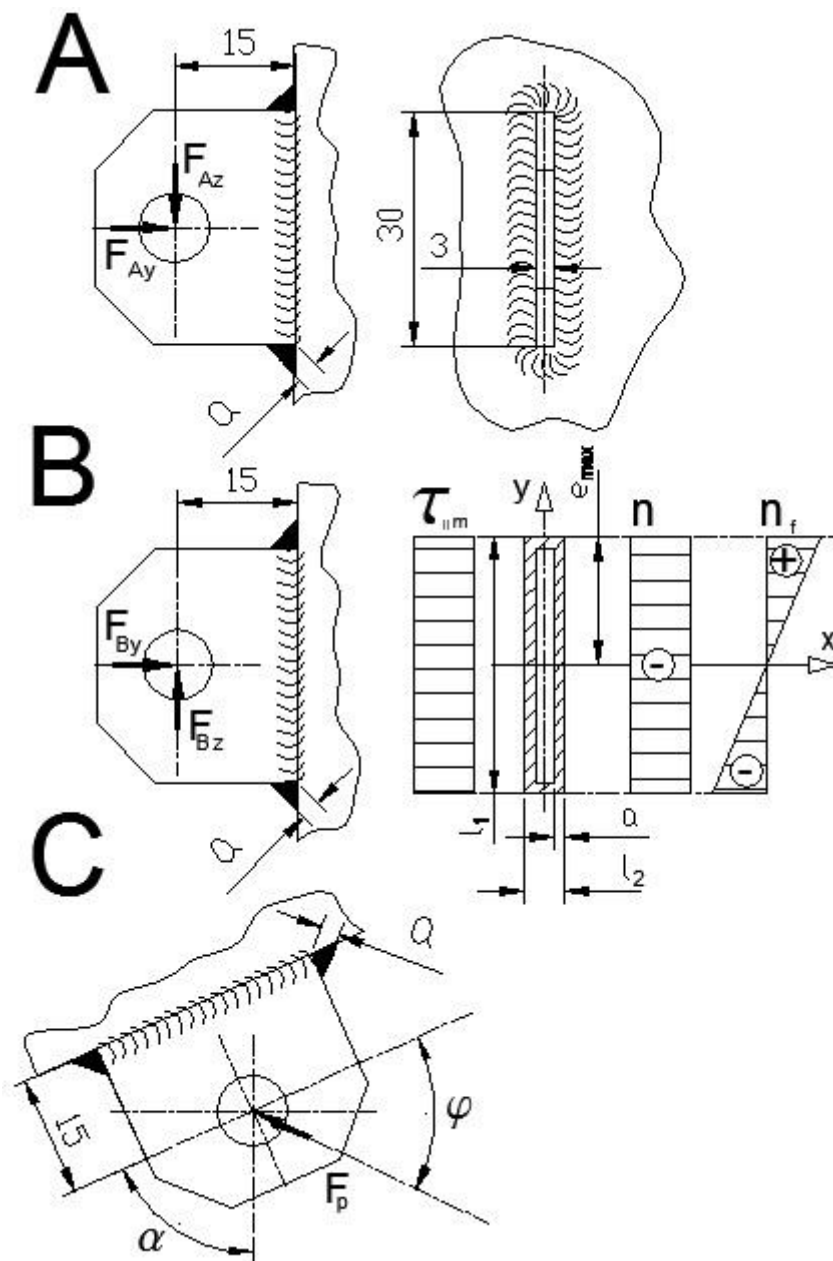
$$F_{p,D} = 160 \text{ N} < F_{\text{dop},y} = 1013 \text{ N} \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (274)$$

4.2.5. Dimenzioniranje zavora spojnih limova poluga i nosača

Potrebno je odabrati dimenzije zavora spojnih limova oslonaca A, B i C te izvršiti kontrolu naprezanja pri otvaranju suncobrana te u otvorenom položaju uz opterećenje vjetrom. Za prvu iteraciju biti će odabrana debljina svih zavora $a = 1 \text{ mm}$.

4.2.5.1. Kontrola naprezanja u zavarima pri otvaranju suncobrana

Opterećenje spojnih limova prikazano je slikom 47.



Slika 47. Opterećenje spojnih limova A, B, C

1) Naprezanje u zavaru oslonca A

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m, A}(h) = t_{\parallel} = \frac{F_{Az}(h)}{2 \cdot l_1 \cdot a} = \frac{F_{Az}(h)}{2 \cdot 32 \cdot 1} = \frac{F_{Az}(h)}{64} \quad (275)$$

$$l_1 = 30 + 2 \cdot a = 30 + 2 \cdot 1 = 32 \text{ mm} \quad (276)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{f, A}(h) = \frac{M_{Ax}(h)}{W_x} \quad (277)$$

$$M_{Ax}(h) = F_{Az}(h) \cdot 15 \quad (278)$$

$$W_x = \frac{I_x}{e_{\max}} = \frac{6903}{16} \approx 431 \text{ mm}^3 \quad (279)$$

$$I_x = \frac{1}{12} (l_2 \cdot l_1^3 - 3 \cdot 30^3) = \frac{1}{12} (5 \cdot 32^3 - 3 \cdot 30^3) \approx 6903 \text{ mm}^4 \quad (280)$$

$$l_2 = 3 + 2 \cdot a = 3 + 2 \cdot 1 = 5 \text{ mm} \quad (281)$$

$$e_{\max} = \frac{l_1}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ mm} \quad (282)$$

c) Vlačno naprezanje

$$n_A(h) = \frac{F_{Ay}(h)}{A_Z} \quad (283)$$

$$A_Z = l_1 \cdot l_2 - 30 \cdot 3 = 32 \cdot 5 - 90 = 70 \text{ mm}^2 \quad (284)$$

d) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{\text{red}, A}(h) = \sqrt{2,8 \cdot [\sigma_{\perp, A}(h)]^2 + 1,8 \cdot [\tau_{\parallel m, A}(h)]^2} \quad (285)$$

$$\sigma_{\perp, A}(h) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot [n_A(h) + n_{f, A}(h)] \quad (286)$$

2) Naprezanje u zavaru oslonca B

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m, B}(h) = t_{\parallel} = \frac{F_{Bz}(h)}{2 \cdot l_1 \cdot a} = \frac{F_{Bz}(h)}{2 \cdot 32 \cdot 1} = \frac{F_{Bz}(h)}{64} \quad (287)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{f, B}(h) = \frac{M_{Bx}(h)}{W_x} \quad (288)$$

$$M_{Bx}(h) = F_{Bz}(h) \cdot 15 \quad (289)$$

c) Tlačno naprezanje

$$n_B(h) = \frac{F_{By}(h)}{A_z} \quad (290)$$

d) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{red,B}(h) = \sqrt{2,8 \cdot [\sigma_{\perp,B}(h)]^2 + 1,8 \cdot [\tau_{\parallel m,B}(h)]^2} \quad (291)$$

$$\sigma_{\perp,B}(h) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot [n_B(h) + n_{f,B}(h)] \quad (292)$$

3) Naprezanje u zavaru spojišta C

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m,C}(h) = t_{\parallel} = \frac{F_p(h) \cdot \cos \varphi(h)}{2 \cdot l_1 \cdot a} = \frac{F_p(h) \cdot \cos \varphi(h)}{64} \quad (293)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{f,C}(h) = \frac{M_{Cx}(h)}{W_x} \quad (294)$$

$$M_{Cx}(h) = F_p(h) \cdot \cos \varphi(h) \cdot 15 \quad (295)$$

c) Tlačno naprezanje

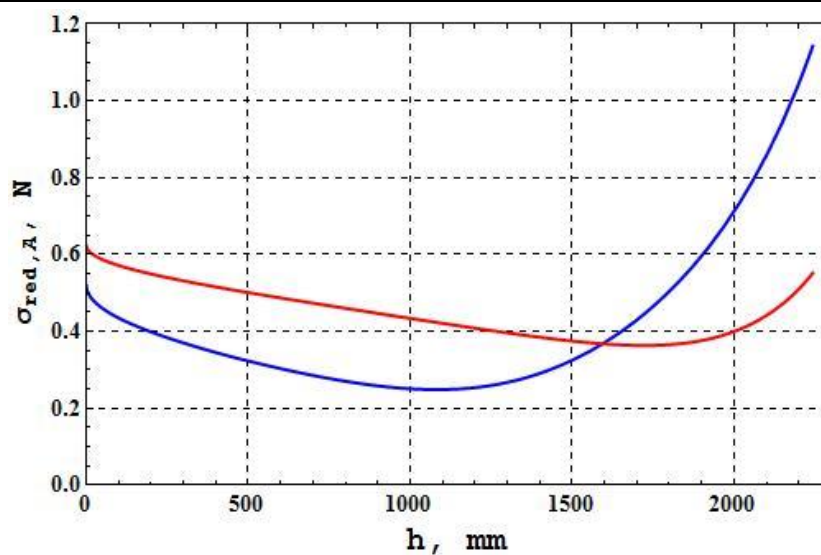
$$n_C(h) = \frac{F_p(h) \cdot \sin \varphi(h)}{A_z} \quad (296)$$

d) Reducirano naprezanje

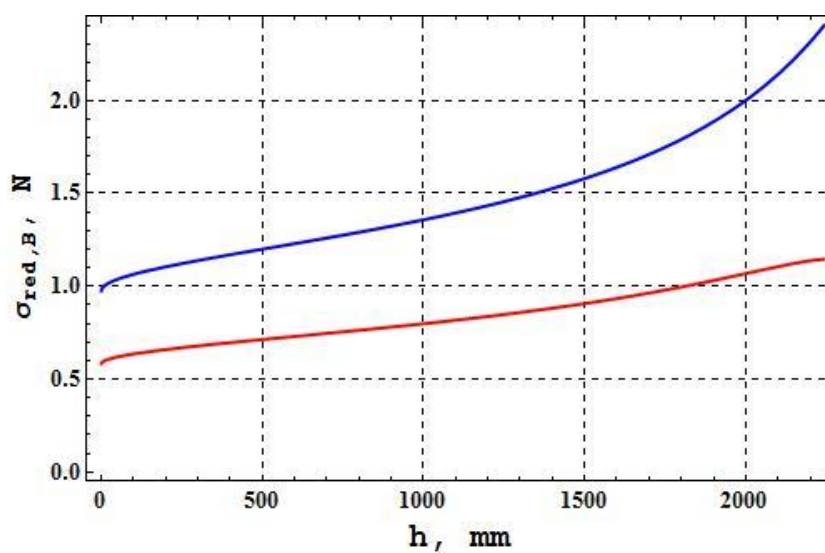
$$\sigma_{red,C}(h) = \sqrt{2,8 \cdot [\sigma_{\perp,C}(h)]^2 + 1,8 \cdot [\tau_{\parallel m,C}(h)]^2} \quad (297)$$

$$\sigma_{\perp,C}(h) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot [n_C(h) + n_{f,C}(h)] \quad (298)$$

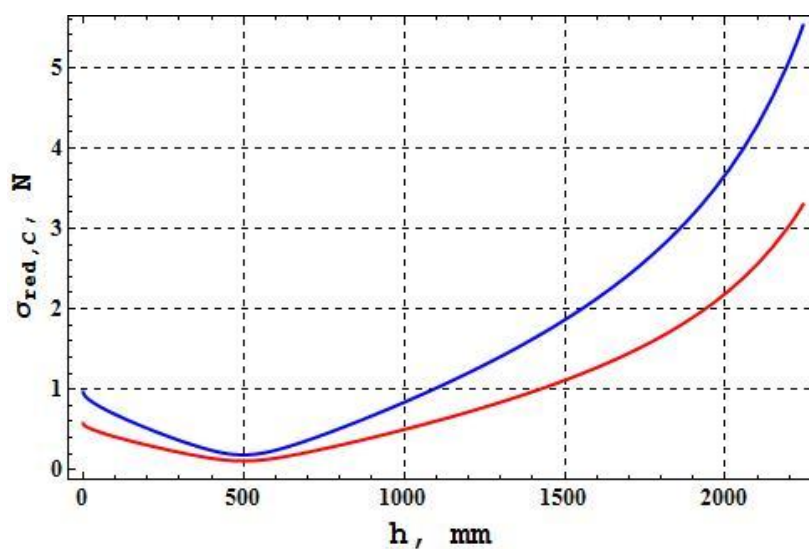
Koristeći relacije (185)-(196) izvedene u poglavlju 4.2.3.1 ovisnost reduciranih naprezanja u zavarima spojnih limova o položaju mehanizma pri otvaranju suncobrana prikazana je grafički, slikama 48-50. Plava boja označava vrijednosti za dijagonalno a crvena vrijednosti za bočno polužje. Iz dijagrama je lako uočiti da vrijednosti reduciranog naprezanja ni u kojem položaju mehanizma ne prekoračuju dopuštenu granicu $\sigma_{dop} = 160 \text{ N/mm}^2$.



Slika 48. Naprezanje zavora oslonca A



Slika 49. Naprezanje zavora oslonca B



Slika 50. Naprezanje zavora spojišta C

4.2.5.2. Kontrola naprezanja u zavarima u otvorenom položaju uz opterećenje vjetrom

Kontrolu naprezanja dovoljno je izvršiti samo za zavar spojnog lima C budući da na taj zavar djeluje veća sila nego u osloncu A, pod nepovoljnijim kutem nego što djeluje u osloncu B. Veći otklon sile od normale na površinu zavora izaziva povećanje savojnog i smičnog naprezanja a time i reduciranog naprezanja, što je lako uočiti i usporedbom dijagrama na slikama 49 i 50. Budući da je sila $F_{p,D}$ 60% veća u odnosu na silu $F_{p,B}$ a djeluju pod neznatno drukčijim kutem u odnosu na površinu zavora ($\varphi_B \approx \varphi_D$) kontrola će biti samo za lim C dijagonalnog polužja. Kontrola naprezanja za ovaj slučaj opterećenja provesti će se analogo kontroli naprezanja pri otvaranju suncobrana, uz uvrštavanje vrijednosti sile $F_{p,D}$ utvrđene u poglavlju 4.2.3.2 izrazom (222) u odgovarajuće izraze iz poglavlja 4.2.5.1.

a) Smično naprezanje

$$\tau_{\parallel m,C} = t_{\parallel} = \frac{F_{p,D} \cdot \cos \varphi_D}{2 \cdot l_1 \cdot a} = \frac{160 \cdot \cos 19,975^\circ}{2 \cdot 32 \cdot 1} \approx 2,51 \text{ N/mm}^2 \quad (299)$$

b) Savojno naprezanje

$$n_{f,C} = \frac{M_{Cx}}{W_x} = \frac{2256}{431} \approx 5,23 \text{ N/mm}^2 \quad (300)$$

$$M_{Cx} = F_{p,D} \cdot \cos \varphi_D \cdot 15 = 160 \cdot \cos 19,975^\circ \cdot 15 \approx 2256 \text{ Nmm} \quad (301)$$

c) Tlačno naprezanje

$$n_C = \frac{F_{p,D} \cdot \sin \varphi_D}{A_z} = \frac{160 \cdot \sin 19,975^\circ}{70} \approx 0,78 \text{ N/mm}^2 \quad (302)$$

d) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{red,C} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp,C}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel m,C}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 4,25^2 + 1,8 \cdot 2,51^2} \approx 7,87 \text{ N/mm}^2 \quad (303)$$

$$\sigma_{\perp,C} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot [n_C + n_{f,C}] = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot [0,78 + 5,23] \approx 4,25 \text{ N/mm}^2 \quad (304)$$

$$\sigma_{red,C} = 7,87 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{Z,dop} = 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (305)$$

4.3. Dimenzioniranje zavara postolja

4.3.1. Opterećenje postolja

Postolje je opterećeno težinom sklopa G_{uk} te silama vjetra $F_{vj,D}$ u otvorenom i $F_{vj,Z}$ u otvorenom u zatvorenom položaju. Pri dimenzioniranju zavara postolja i kontroli stabilnosti suncobrana biti će mjerodavan onaj položaj u kojemu sila vjetra tvori veći moment oko točke T.

4.3.1.1. Težina sklopa

Težina sklopa G_{uk} utvrđena je iz konstrukcije:

$$\begin{aligned} G_{uk} &= g \cdot (m_p + 4 \cdot m_{LB} + 4 \cdot m_{LD} + m_k + m_s + 4 \cdot m_{ut} + m_{pos}) = \\ &= 9,81 \cdot (8 + 4 \cdot 1,66 + 4 \cdot 2,3 + 6,23 + 20,21 + 4 \cdot 15 + 27) \approx 1347 \text{ N} \end{aligned} \quad (306)$$

4.3.1.2. Opterećenje vjetrom u otvorenom položaju

$$M_{T,otv} = F_{vj,D} \cdot L_{otv} = 41 \cdot 3500 = 143500 \text{ Nmm} \quad (307)$$

$$L_{otv} = 3500 \text{ mm (iz konstrukcije)} \quad (308)$$

4.3.1.3. Opterećenje vjetrom u zatvorenom položaju

$$M_{T,Z} = F_{vj,Z} \cdot L_Z = 160 \cdot 2320 = 371200 \text{ Nmm} > M_{T,otv} = 143500 \text{ Nmm} \quad (309)$$

$$L_Z = 2320 \text{ mm (iz konstrukcije)} \quad (310)$$

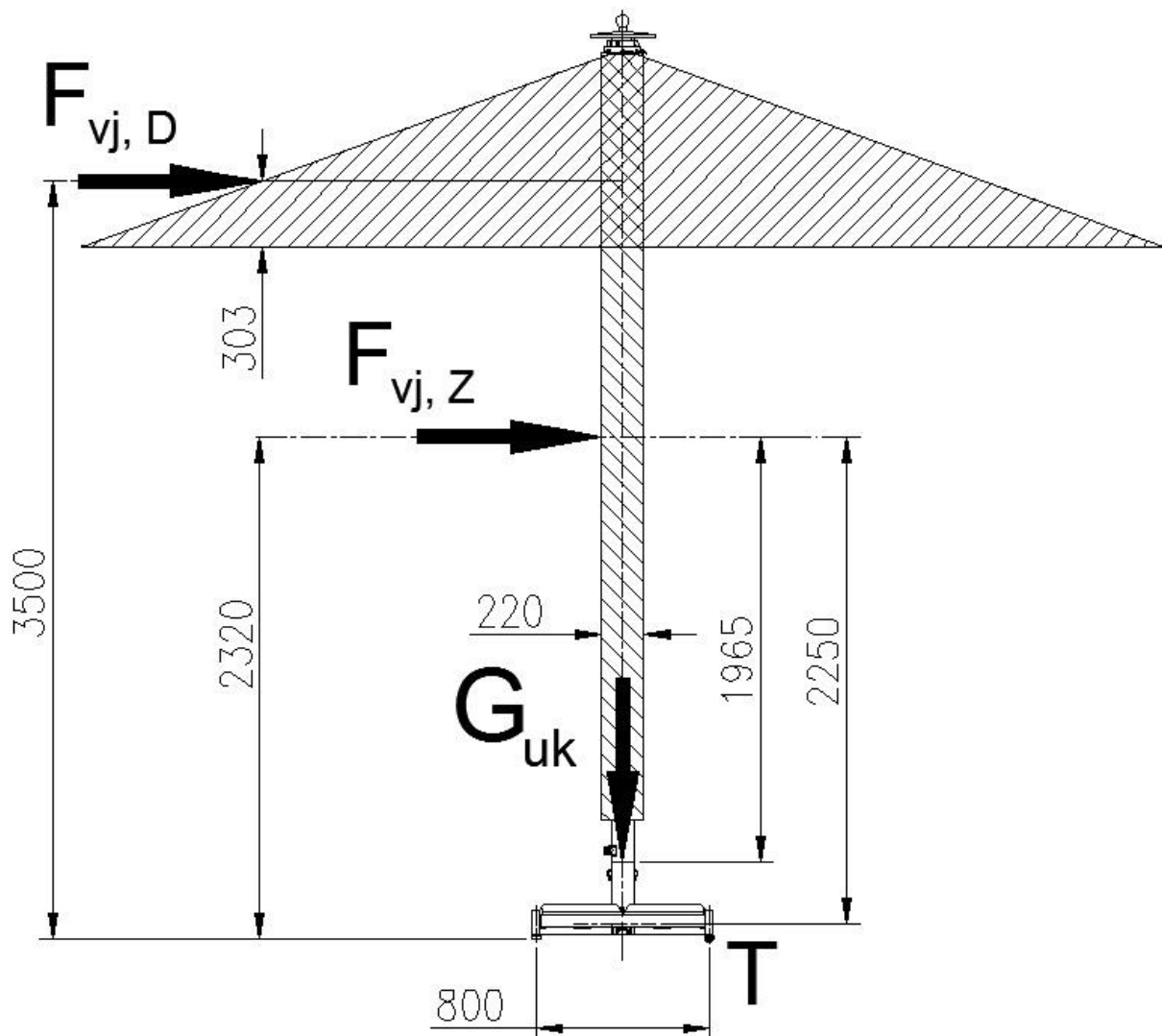
$$F_{vj,Z} = c_z \cdot q \cdot A_{vj,Z} = 1,2 \cdot 171,43 \cdot 0,78012 \approx 160 \text{ N} \quad (311)$$

$$A_{vj,Z} = l_D \cdot 220 = 3546 \cdot 220 = 780120 \text{ mm}^2 \quad (312)$$

$$c_z = 1,2 \text{ (za zaklonjene površine)} \quad (313)$$

$$q = \frac{v_z^2}{21} = \frac{60^2}{21} \approx 171,43 \text{ N/m}^2 \quad (314)$$

$$v_0 = 60 \text{ km/h (zadano)} \quad (315)$$



Slika 51. Opterećenje postolja

4.3.2. Dimenzioniranje zavar temeljne pločice

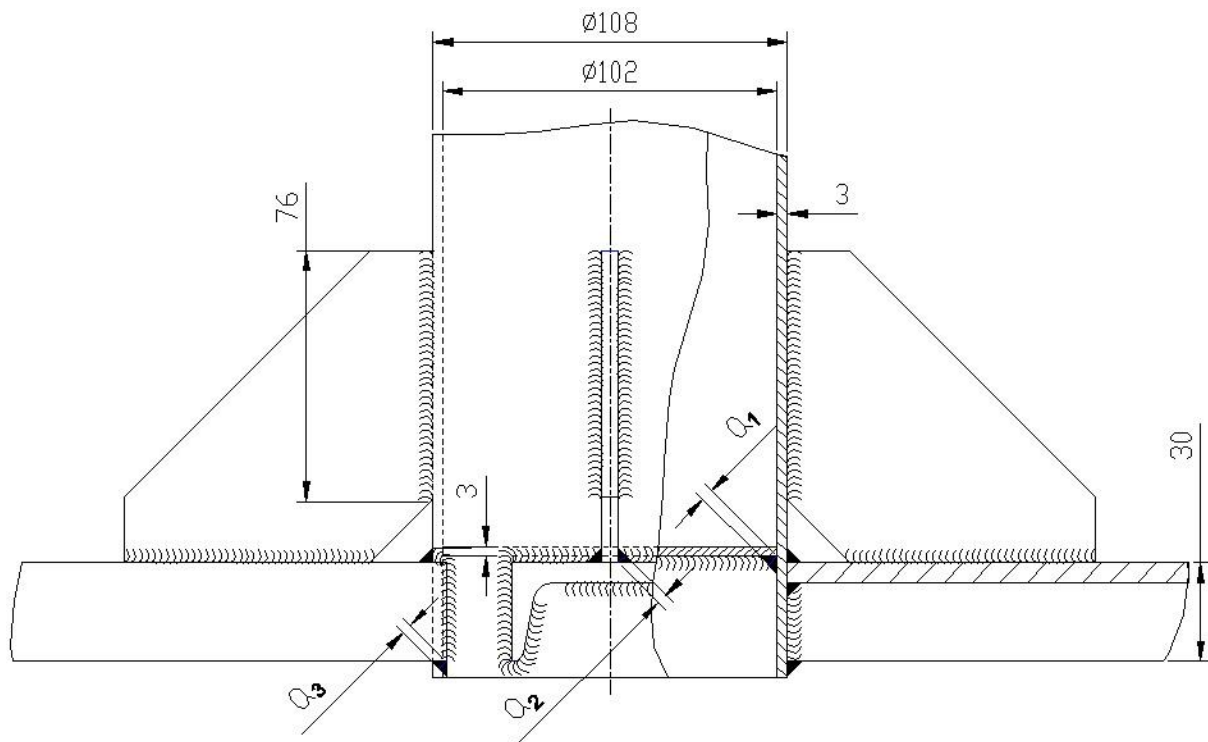
Zavar temeljna pločica stalka opterećen je silom G_s okomito na smjer šava, koja je jednaka težini svih komponenata iznad temeljne pločice:

$$\begin{aligned}
 G_s &= g \cdot (m_p + 4 \cdot m_{LB} + 4 \cdot m_{LD} + m_k + m_s) = \\
 &= 9,81 \cdot (8 + 4 \cdot 1,66 + 4 \cdot 2,3 + 6,23 + 20,21) \approx 493 \text{ N}
 \end{aligned}
 \tag{316}$$

Za takav slučaj opterećenja vrijedi po ISO normama:

$$a_{\min} = \frac{F}{0,85 \cdot \sigma_{Z,dop} \cdot \Sigma l} = \frac{4 \cdot G_s}{0,85 \cdot \sigma_{Z,dop} \cdot d^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 493}{0,85 \cdot 160 \cdot 102^2 \cdot \pi} \approx 4 \cdot 10^{-4} \text{ mm}
 \tag{317}$$

$$\text{odabrano} \rightarrow a_1 = 1 \text{ mm}
 \tag{318}$$



Slika 52. Spoj U profila i temeljne pločice na uložnu cijev

4.3.3. Dimenzioniranje zavora spoja U profila na uložnu cijev

Potrebno je dimenzionirati zavaru spoja U profila i ukrutnih rebara na uložnu cijev. Zavari su opterećeni smično težinom sklopa G_{uk} , te savojno momentima M_G i M_{vj} koje tvore težina sklopa i sila vjetra. Proračun će biti proveden uz slijedeće pretpostavke:

- Opterećenja G_{uk} i M_G ravnomjerno su raspodjeljena na sva četiri spoja
- Opterećenje M_{vj} ravnomjerno je raspoređeno na dva nasuprotna spoja
- Opterećenje M_{vj} ne uzrokuje uvojno naprezanje u zavarima

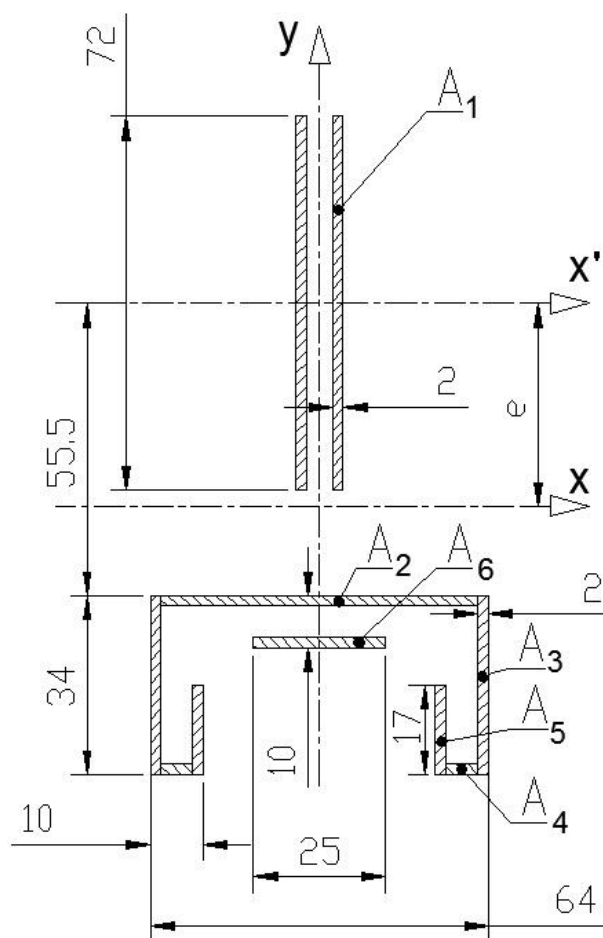
Maksimalna debljina zavora uvjetovana je debljinom najtanjeg lima u spoju:

$$a_{max} = 0,7 \cdot t_{min} = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ mm} \quad (319)$$

Odabrane su debljine zavora $a_2 = a_3 = 2 \text{ mm}$

4.3.3.1. Karakteristike presijeka zavora

Da bi se izračunale karakteristike presijeka zavora potrebno je najprije naći položaj neutralne linije presijeka. U tu svrhu površina zavora podjeljena je kao na slici 53. Referentna os x' postavljena je kroz težište površine A_1 .



Slika 53. Podjela zavora na pravokutne površine.

$$e = \frac{\sum_{i=1}^6 A_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^6 A_i} = \frac{60 \cdot 56,5 + 68 \cdot 72,5 + 12 \cdot 88,5 + 34 \cdot 81 + 25 \cdot 64,5}{144 + 60 + 68 + 12 + 34 + 25} = 40,01 \text{ mm} \quad (320)$$

$$A_1 = 72 \cdot 2 = 144 \text{ mm}^2 \quad (321)$$

$$y_1 = 0 \text{ mm} \quad (322)$$

$$A_2 = 30 \cdot 2 = 60 \text{ mm}^2 \quad (323)$$

$$y_2 = 55,5 + 1 = 56,5 \text{ mm} \quad (324)$$

$$A_3 = 34 \cdot 2 = 68 \text{ mm}^2 \quad (325)$$

$$y_3 = 55,5 + \frac{34}{2} = 72,5 \text{ mm} \quad (326)$$

$$A_4 = 6 \cdot 2 = 12 \text{ mm}^2 \quad (327)$$

$$y_4 = 55,5 + 34 - 1 = 88,5 \text{ mm} \quad (328)$$

$$A_5 = 17 \cdot 2 = 34 \text{ mm}^2 \quad (329)$$

$$y_5 = 55,5 + 34 - \frac{17}{2} = 81 \text{ mm} \quad (330)$$

$$A_6 = 12,5 \cdot 2 = 25 \text{ mm}^2 \quad (331)$$

$$y_6 = 55,5 + 2 + 6 + 1 = 64,5 \text{ mm} \quad (332)$$

Slijedi moment otpora presijeka oko osi x:

$$W_x = \frac{I_x}{e_{\max}} = \frac{977116}{75,6} = 12925 \text{ mm}^3 \quad (333)$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \cdot \sum_{i=1}^6 (I_{xi} + e_i^2 \cdot A_i) = 2 \cdot (62208 + 20 + 6550 + 8 + 819 + 8 + \\ &+ 40,1^2 \cdot 144 + 16,4^2 \cdot 60 + 32,4^2 \cdot 68 + 48,4^2 \cdot 12 + 40,9^2 \cdot 34 + 24,4^2 \cdot 25) = \\ &= 977116 \text{ mm}^4 \end{aligned} \quad (334)$$

$$I_{x1} = \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 72^3 = 62208 \text{ mm}^4 \quad (335)$$

$$I_{x2} = \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 2^3 = 20 \text{ mm}^4 \quad (336)$$

$$I_{x3} = \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 34^3 = 6550 \text{ mm}^4 \quad (337)$$

$$I_{x4} = \frac{1}{12} \cdot 6 \cdot 2^3 = 8 \text{ mm}^4 \quad (338)$$

$$I_{x5} = \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 17^3 = 819 \text{ mm}^4 \quad (339)$$

$$I_{x6} = \frac{1}{12} \cdot 12,5 \cdot 2^3 = 8 \text{ mm}^4 \quad (340)$$

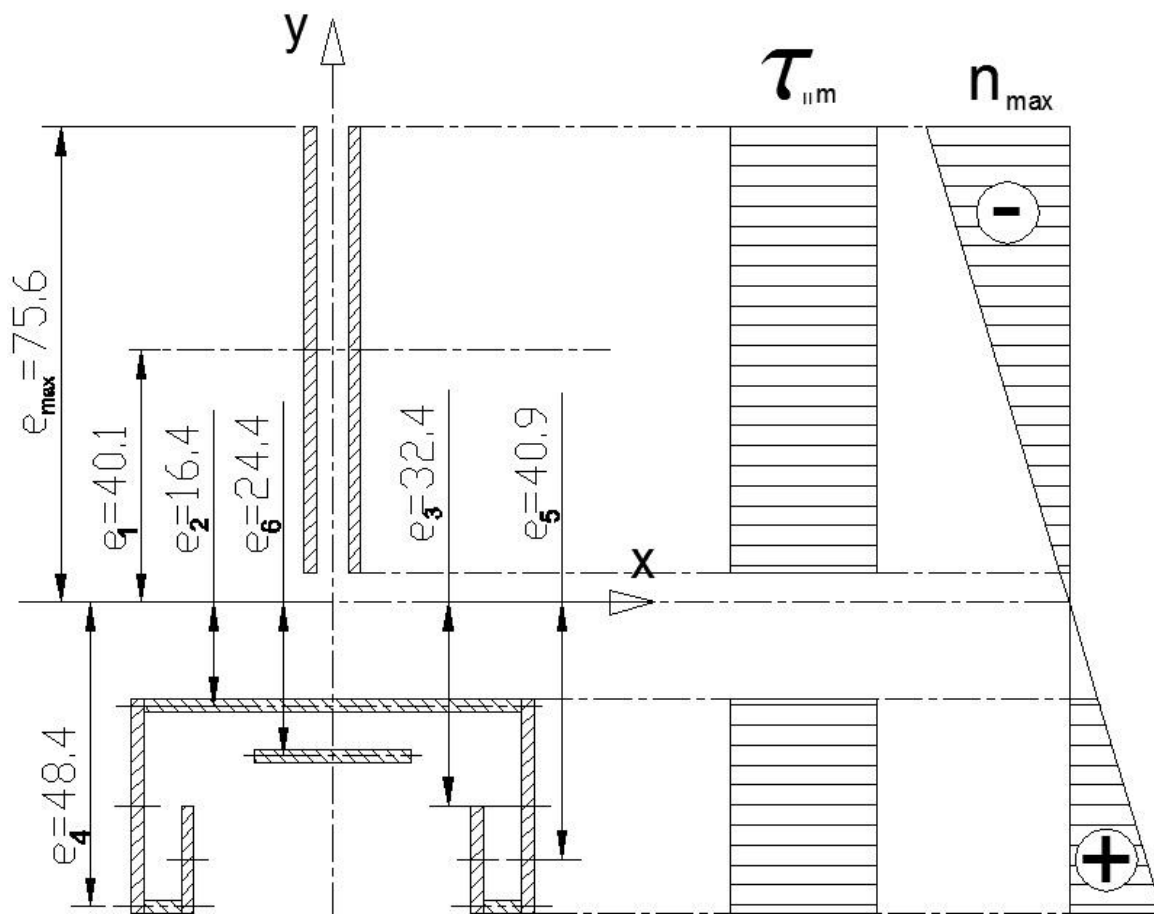
4.3.3.2. Kontrola naprezanja u zavarima

Smično naprezanje nose samo šavovi paralelni sa opterećenjem:

$$\tau_{\parallel m} = t_{\parallel} = \frac{G_{uk}}{4 \cdot 2 \cdot (A_1 + A_3 + A_5)} = \frac{1347}{8 \cdot (144 + 68 + 34)} = 0,68 \text{ N/mm}^2 \quad (341)$$

Savojno naprezanje:

$$n_{\max} = \frac{0,25 \cdot M_G + 0,5 \cdot M_{vj}}{W_x} = \frac{0,25 \cdot 538800 + 0,5 \cdot 360000}{12925} \approx 24,35 \text{ N/mm}^2 \quad (342)$$



Slika 54. Raspodjela naprezanja u zavarima a_2 i a_3

$$M_G = G_{uk} \cdot 400 = 1347 \cdot 400 = 538800 \text{ Nmm} \quad (343)$$

$$M_{vj} = F_{vj,z} \cdot 2250 = 160 \cdot 2250 = 360000 \text{ Nmm} \quad (344)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{||m}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 17,22^2 + 1,8 \cdot 0,68^2} \approx 28,83 \text{ N/mm}^2 \quad (345)$$

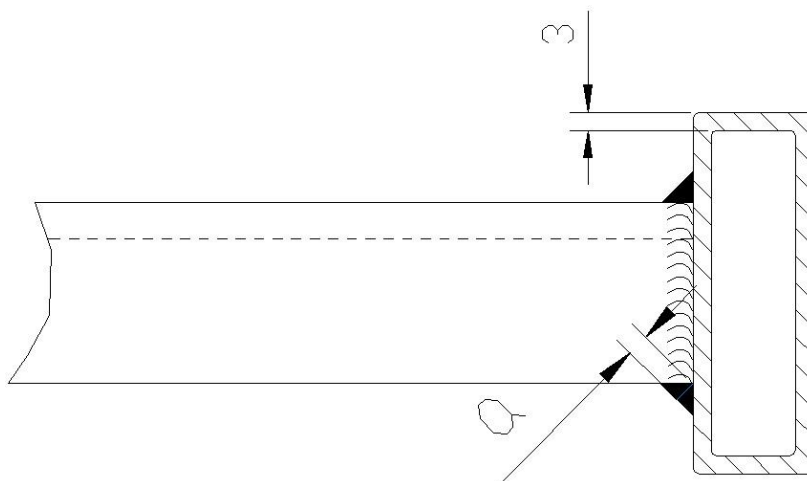
$$\sigma_{red} \leq \sigma_{Z, dop} \quad (346)$$

$$28,83 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (347)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 24,35 \approx 17,22 \text{ N/mm}^2 \quad (348)$$

4.3.4. Dimenzioniranje zavora spoja U profila na okvir

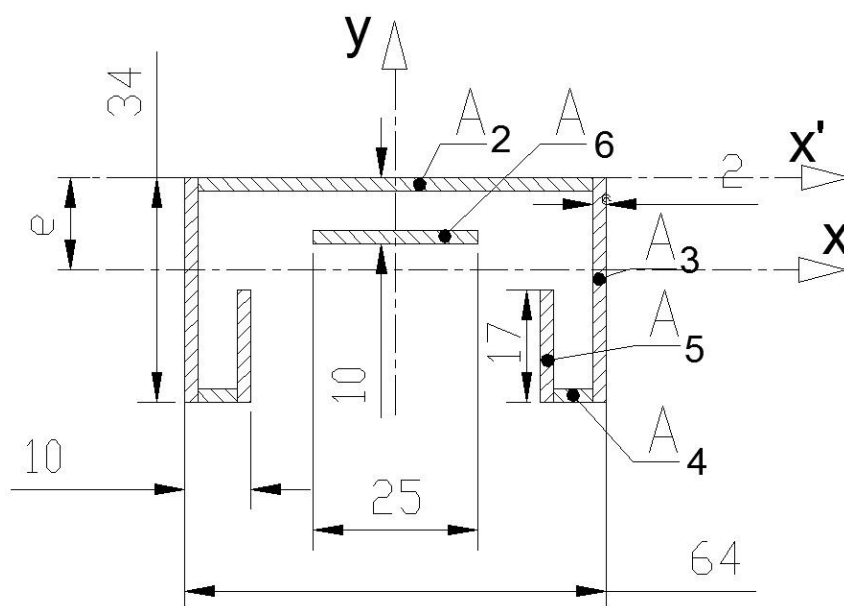
Zavar spoja U profila na okvir opterećen je identično zavaru spoja na cijev. Budući da je stijenka okvira debljine 3 mm i u ovom će slučaju biti odabran najveći dopušteni zavar, $a = 2$ mm.



Slika 55. Spoj U profila na okvir postolja

4.3.4.1. Karakteristike presijeka zavora

Da bi se izračunale karakteristike presijeka zavora potrebno je najprije naći položaj neutralne linije presijeka. U tu svrhu površina zavora podjeljena je kao na slici 56. Referentna os x' postavljena je kroz koroz gornji brid zavora.



Slika 56. Podjela presjeka zavora na pravokutne površine

$$e = \frac{\sum_{i=2}^6 A_i \cdot y_i}{\sum_{i=2}^6 A_i} = \frac{60 \cdot 1 + 68 \cdot 17 + 12 \cdot 33 + 34 \cdot 25,5 + 25 \cdot 9}{60 + 68 + 12 + 34 + 25} \approx 14 \text{ mm} \quad (349)$$

$$y_2 = 1 \text{ mm} \quad (350)$$

$$y_3 = \frac{34}{2} = 17 \text{ mm} \quad (351)$$

$$y_4 = 34 - 1 = 33 \text{ mm} \quad (352)$$

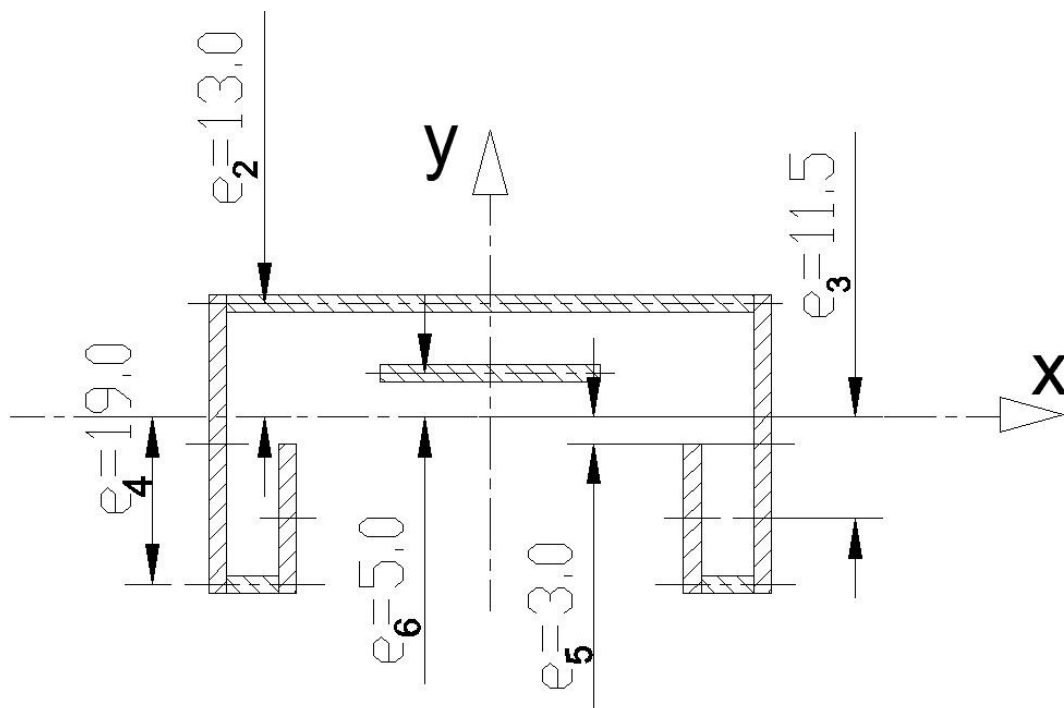
$$y_5 = 34 - \frac{17}{2} = 25,5 \text{ mm} \quad (353)$$

$$y_6 = 2 + 6 + 1 = 9 \text{ mm} \quad (354)$$

Slijedi moment otpora presijeka oko osi x:

$$W_x = \frac{I_x}{e_{\max}} = \frac{63602}{20} = 3180 \text{ mm}^3 \quad (355)$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \cdot \sum_{i=2}^6 (I_{xi} + e_i^2 \cdot A_i) = 2 \cdot (20 + 6550 + 8 + 819 + 8 + \\ &+ 13^2 \cdot 60 + 11,5^2 \cdot 68 + 19^2 \cdot 12 + 3^2 \cdot 34 + 5^2 \cdot 25) = \\ &= 63602 \text{ mm}^4 \end{aligned} \quad (356)$$



Slika 57. Položaj neutralne osi zavora

4.3.4.2. Kontrola naprezanja u zavaru

Smično naprezanje nose samo šavovi paralelni sa opterećenjem:

$$\tau_{\parallel m} = t_{\parallel} = \frac{G_{uk}}{4 \cdot 2 \cdot (A_3 + A_5)} = \frac{1347}{8 \cdot (68 + 34)} = 1,65 \text{ N/mm}^2 \quad (357)$$

Savojno naprezanje:

$$n_{max} = \frac{0,25 \cdot M_G + 0,5 \cdot M_{vj}}{W_x} = \frac{0,25 \cdot 538800 + 0,5 \cdot 360000}{3180} \approx 98,96 \text{ N/mm}^2 \quad (358)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel m}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 69,98^2 + 1,8 \cdot 1,65^2} \approx 117,11 \text{ N/mm}^2 \quad (359)$$

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{Z, dop} \quad (360)$$

$$117,11 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (361)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 98,96 \approx 69,98 \text{ N/mm}^2 \quad (362)$$

4.3.5. Dimenzioniranje zavora okvira postolja

Zavar na spoju okvira na čahuru u najnepovoljnijem slučaju opterećen je istovremeno smično jednom osminom ukupne težine konstrukcije G_{uk} , jednom osminom momenta savijanja M_G

te momentom uvijanja $T = \frac{M_G}{8} + \frac{M_{vj}}{4}$.

Maksimalna debljina zavora uvjetovana je debljinom najtanjeg lima u spoju:

$$a_{max} = 0,7 \cdot t_{min} = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ mm} \quad (363)$$

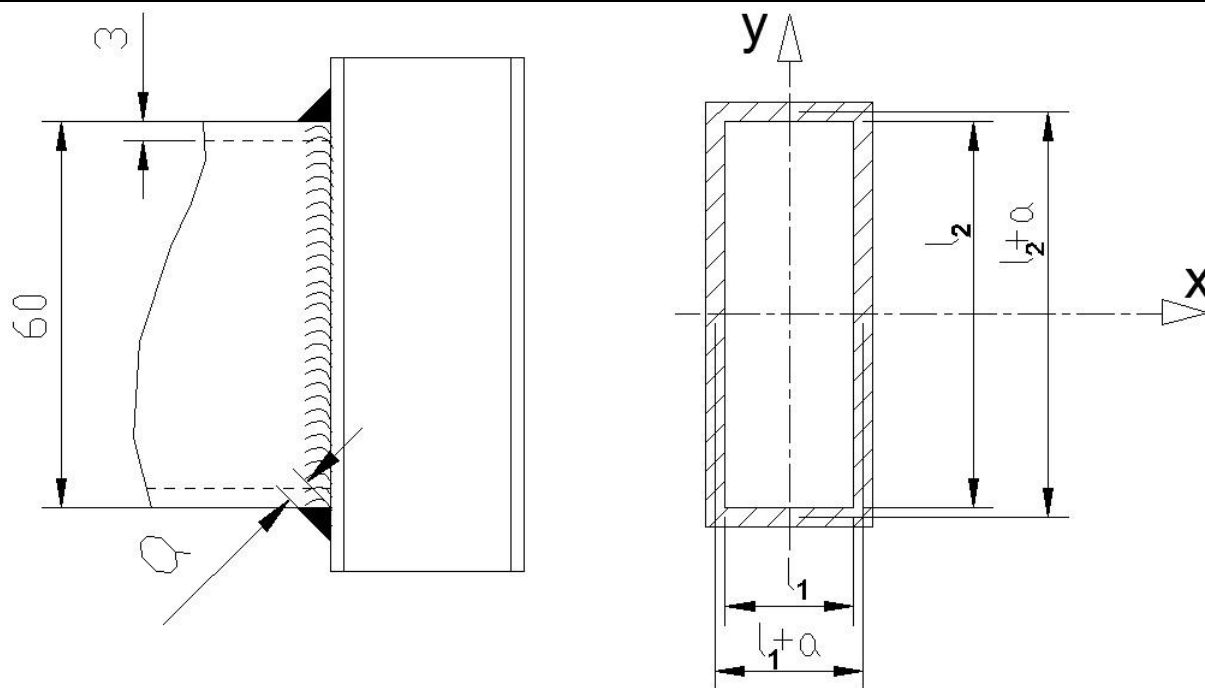
Odabrana je debljina zavora $a = 2 \text{ mm}$

a) Smično naprezanje uslijed momenta uvijanja

$$\tau_{\parallel (T_1)} = \frac{P'_1}{l_1 \cdot a} = \frac{1230}{20 \cdot 2} \approx 30,75 \text{ N/mm}^2 \quad (364)$$

$$\tau_{\parallel (T_2)} = \frac{P'_2}{l_2 \cdot a} = \frac{3688}{60 \cdot 2} \approx 30,73 \text{ N/mm}^2 \quad (365)$$

$$a_{max} = 0,7 \cdot t_{min} = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ mm} \quad (366)$$



Slika 58. Spoj profila okvira na čahuru

$$P'_1 = \frac{T'_1}{l_2 + a} = \frac{76216}{60 + 2} \approx 1230 \text{ N} \quad (367)$$

$$P'_2 = \frac{T'_2}{l_1 + a} = \frac{81134}{20 + 2} = 3688 \text{ N} \quad (368)$$

$$T'_1 = \frac{T_1}{T_1 + T_2} \cdot T = \frac{297600}{297600 + 316800} \cdot 157350 \approx 76216 \text{ Nmm} \quad (369)$$

$$T'_2 = \frac{T_2}{T_1 + T_2} \cdot T = \frac{316800}{297600 + 316800} \cdot 157350 \approx 81134 \text{ Nmm} \quad (370)$$

$$T_1 = 0,75 \cdot l_1 \cdot a \cdot \sigma_{Z,dop} \cdot (l_2 + a) = 0,75 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 160 \cdot (60 + 2) = 297600 \text{ Nmm} \quad (371)$$

$$T_2 = 0,75 \cdot l_2 \cdot a \cdot \sigma_{Z,dop} \cdot (l_1 + a) = 0,75 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 160 \cdot (20 + 2) = 316800 \text{ Nmm} \quad (372)$$

$$T = \frac{M_g}{8} + \frac{M_{vj}}{4} = \frac{538800}{8} + \frac{360000}{4} = 157350 \text{ Nmm} \quad (373)$$

b) Smično naprezanju uslijed sile G_{uk}

$$\tau_{|| (G)} = \frac{G_{uk}}{8 \cdot 2 \cdot l_2 \cdot a} = \frac{1347}{16 \cdot 60 \cdot 2} \approx 0,7 \text{ N/mm}^2 \quad (374)$$

c) Savojno naprezanje uslijed momenta M_G

$$n_{\max} = \frac{M_G}{8 \cdot W_x} = \frac{538800}{8 \cdot 5134} = 13,12 \text{ N/mm}^2 \quad (375)$$

$$W_x = \frac{2 \cdot I_x}{l_2 + 2a} = \frac{2 \cdot 164288}{60 + 4} = 5134 \text{ mm}^3 \quad (376)$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot [(l_1 + 2a) \cdot (l_2 + 2a)^3 - l_1 \cdot l_2^3] = \frac{1}{12} \cdot [(20 + 4) \cdot (60 + 4)^3 - 20 \cdot 60^3] = 164288 \text{ mm}^4 \quad (377)$$

d) Reducirano naprezanje

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{2,8 \cdot \sigma_{\perp}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\parallel(T_1)}^2} = \sqrt{2,8 \cdot 9,28^2 + 1,8 \cdot 30,75^2} \approx 44,08 \text{ N/mm}^2 \quad (378)$$

$$\sigma_{\text{red}} \leq \sigma_{Z, \text{dop}} \quad (379)$$

$$44,08 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (380)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{\text{max}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 13,12 \approx 9,28 \text{ N/mm}^2 \quad (381)$$

4.4. Kontrola naprezanja u nosačima postolja

4.4.1. Kontrola naprezanja U profila

U profilu postolja opterećeni su savojno:

$$\sigma_{f, \text{max}} = \pm \frac{0,25 \cdot M_G + 0,5 \cdot M_{vj}}{W_y} = \pm \frac{0,25 \cdot 538800 + 0,5 \cdot 360000}{2160} \approx \pm 89,57 \text{ N/mm}^2 \quad (382)$$

Prema literaturi [3] dopuštena naprezanja za nosače konstrukcijskog čelika S235JRG2 uz dodatna opterećenja:

$$\sigma_{\text{dop}} = -\sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ N/mm}^2 \quad (383)$$

$$\sigma_{f, \text{max}} = 89,57 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (384)$$

4.4.2. Kontrola naprezanja okvira postolja

4.4.2.1. Kontrola smičnog naprezanja u okviru

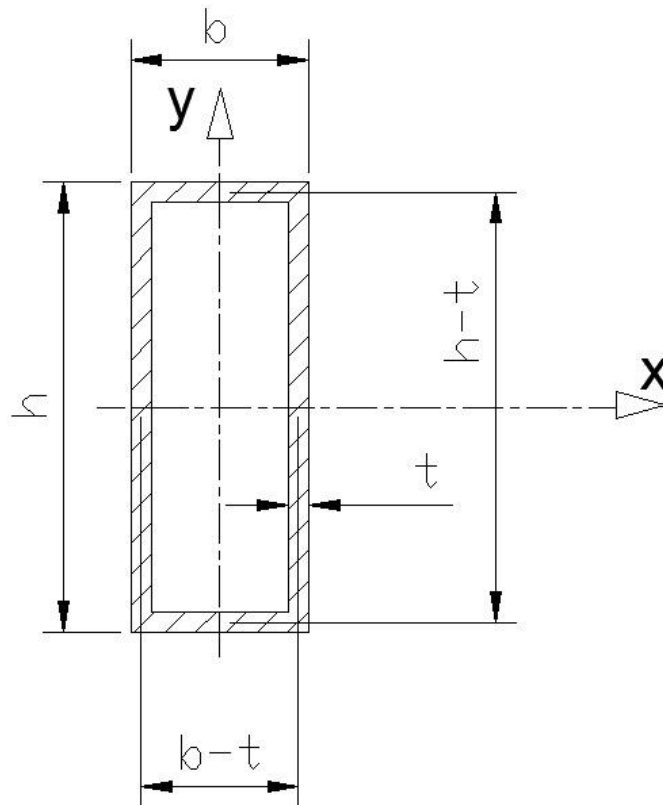
Profili okvira opterećeni su uvojno momentom $T = \frac{M_G}{4} + \frac{M_{vj}}{2}$. Smično naprezanje možemo približno odrediti membransko-torzijskom analogijom:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{T}{2 \cdot t \cdot A_0} = \frac{314700}{2 \cdot 3 \cdot 696} = 75,36 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{\text{dop}} = 128 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (385)$$

$$\tau_{\text{dop}} = 128 \text{ N/mm}^2 \rightarrow [3] \quad (386)$$

$$T = \frac{M_G}{4} + \frac{M_{vj}}{2} = \frac{538800}{4} + \frac{360000}{2} = 314700 \text{ Nmm} \quad (387)$$

$$A_0 = (b-t) \cdot (h-t) = (20-3) \cdot (60-3) = 696 \text{ mm}^2 \quad (388)$$



Slika 59. Presijek profila okvira

4.4.2.2. Kontrola savojnog naprezanja u okviru

Profili okvira opterećeni su uvojno momentom $\frac{M_G}{4}$:

$$\sigma_{f,\max} = \pm \frac{0,25 \cdot M_G}{W_x} = \pm \frac{0,25 \cdot 538800}{5876,4} \approx \pm 22,92 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (389)$$

$$W_x = \frac{2 \cdot I_x}{h} = \frac{2 \cdot 176292}{60} = 5876,4 \text{ mm}^3 \quad (390)$$

$$I_x = \frac{1}{12} [b \cdot h^3 - (b-2t)(h-2t)^3] = \frac{1}{12} [20 \cdot 60^3 - (20-2 \cdot 3)(60-2 \cdot 3)^3] = 176292 \text{ mm}^4 \quad (391)$$

4.4.2.3. Kontrola reduciranog naprezanja

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{f,\text{max}}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\text{max}}^2} = \sqrt{22,92^2 + 1,8 \cdot 75,36^2} \approx 103,67 \text{ N/mm}^2 \quad (392)$$

$$\sigma_{\text{red}} = 103,67 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (393)$$

4.5. Kontrola naprezanja u glavnom stupu

Kritični presjek glavnog stupa je na mjestu u kojemu je uklješten u uložnoj cijevi stalka (vidi sliku 51). Naprezanje u kritičnom presjeku suma je tlačnog naprezanja uslijed težine svih komponenti iznad temeljne pločice G_s i savojnog naprezanja momenta vjetra:

$$\sigma_{t,\text{max}} = \sigma_t + \sigma_{f,\text{max}} = -0,79 - 20,03 = -20,82 \text{ N/mm}^2 \quad (394)$$

$$\sigma_t = \frac{G_s}{A} = \frac{493}{628} = 0,79 \text{ N/mm}^2 \quad (395)$$

$$\sigma_{f,\text{max}} = \pm \frac{F_{vj,z} \cdot 1965}{W_x} = \pm \frac{160 \cdot 1965}{15692} = \pm 20,03 \text{ N/mm}^2 \quad (396)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (102^2 - 98^2) \approx 628 \text{ mm}^2 \quad (397)$$

$$W_x \approx 0,1 \cdot \frac{(D^4 - d^4)}{D} = 0,1 \cdot \frac{(102^4 - 98^4)}{102} \approx 15692 \text{ mm}^3 \quad (398)$$

$$\sigma_{t,\text{max}} = -20,82 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{t,\text{dop}} = -140 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (399)$$

4.6. Kontrola stabilnosti suncobrana

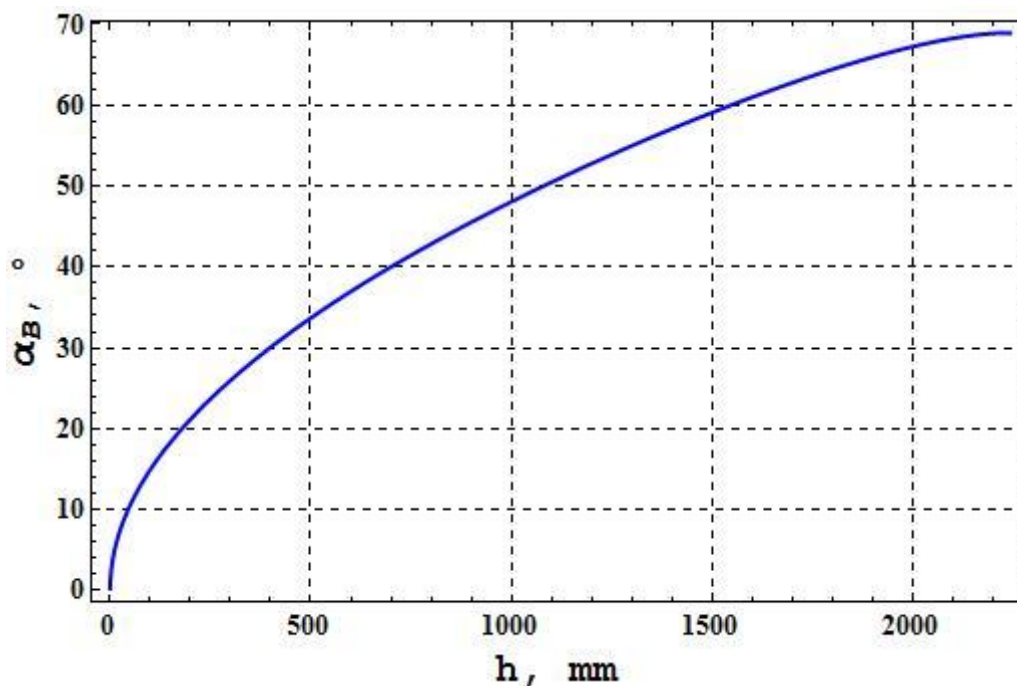
Da bi se spriječilo prevrtanje suncobrana uslijed opterećenja vjetrom moment koji težina sklopa G_{uk} tvori oko točke B (vidi sliku 51) mora biti veći od maksimalnog momenta koji vjetar tvori oko točke B, što znači dok je suncobran u zatvorenom položaju:

$$M_{T,G} = G_{uk} \cdot 400 = 1347 \cdot 400 = 538800 > M_{T,z} = 371200 \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (400)$$

4.7. Kontrola vremena potrebnog za otvaranje suncobrana

Zadatkom je propisano dozvoljeno vrijeme otvaranja suncobrana $t_{\max} = 60$ s . Prema literaturi [1] prosječna brzina pri ručnom povlačenju užeta iznosi $v_r = (0,33...0,5)$ m/s . Hod mehanizma određen je prema (197) $H=2243$ mm, što uz odabrani prijenosni odnos koloturnika $i_k = 8$ daje stvarno vrijeme podizanja:

$$t_{\text{otv}} = \frac{H \cdot i_k}{v_r} = \frac{2,243 \cdot 8}{(0,33...0,5)} \approx (54...36) \text{ s} \rightarrow \text{zadovoljava} \quad (401)$$



Slika 60. Nagib bočnog nosača u funkciji položaja

5. ZAKLJUČAK

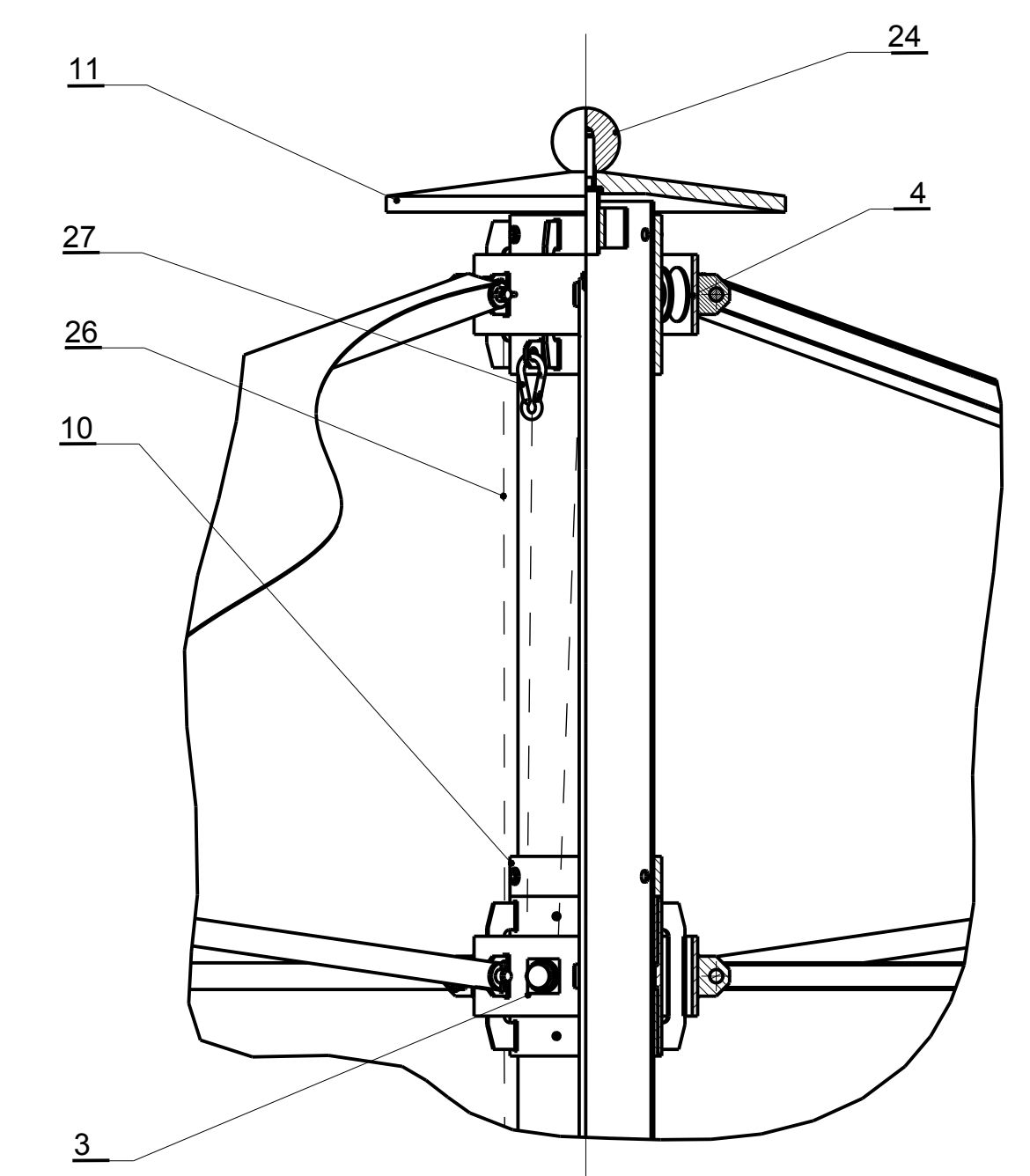
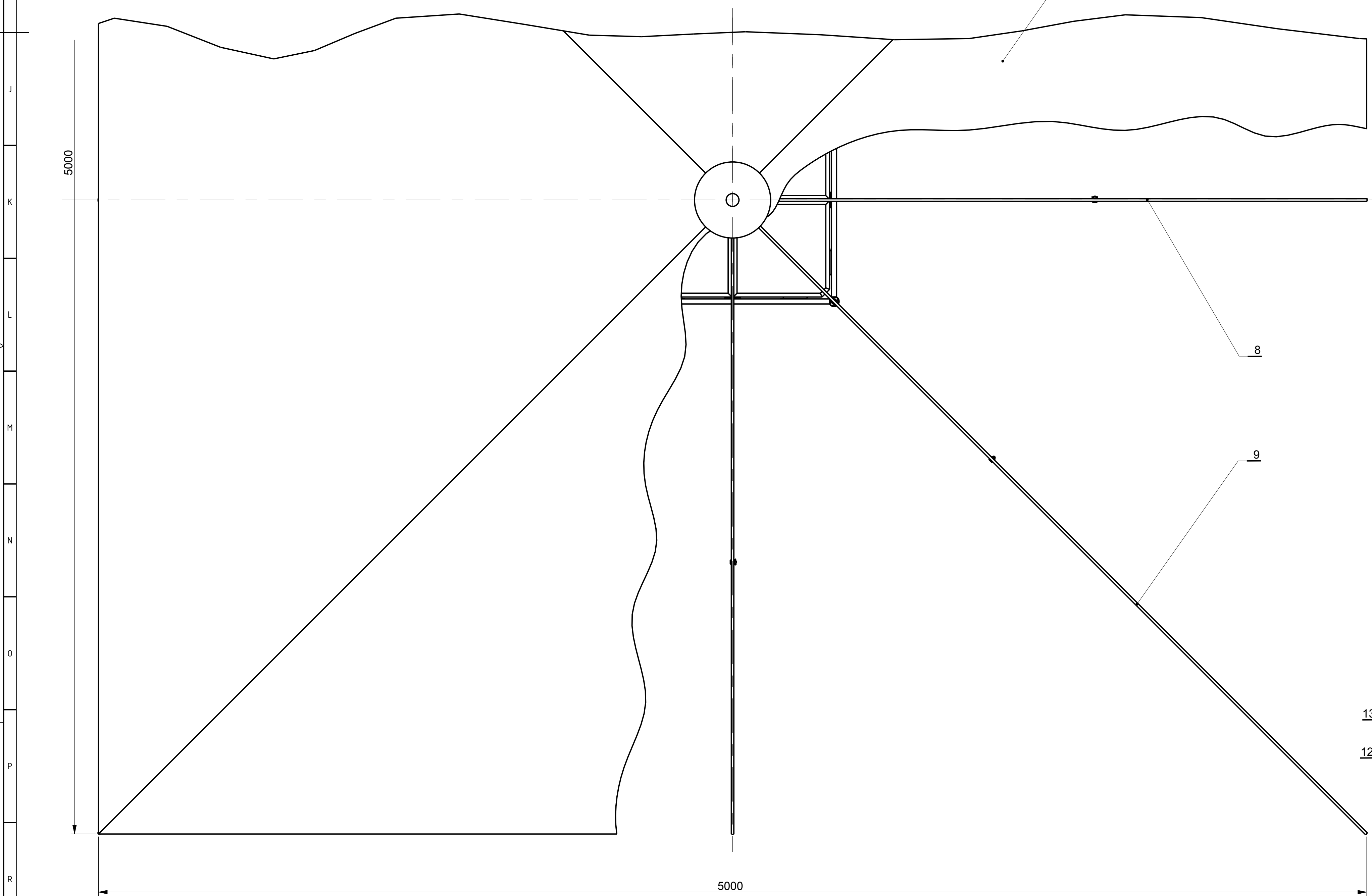
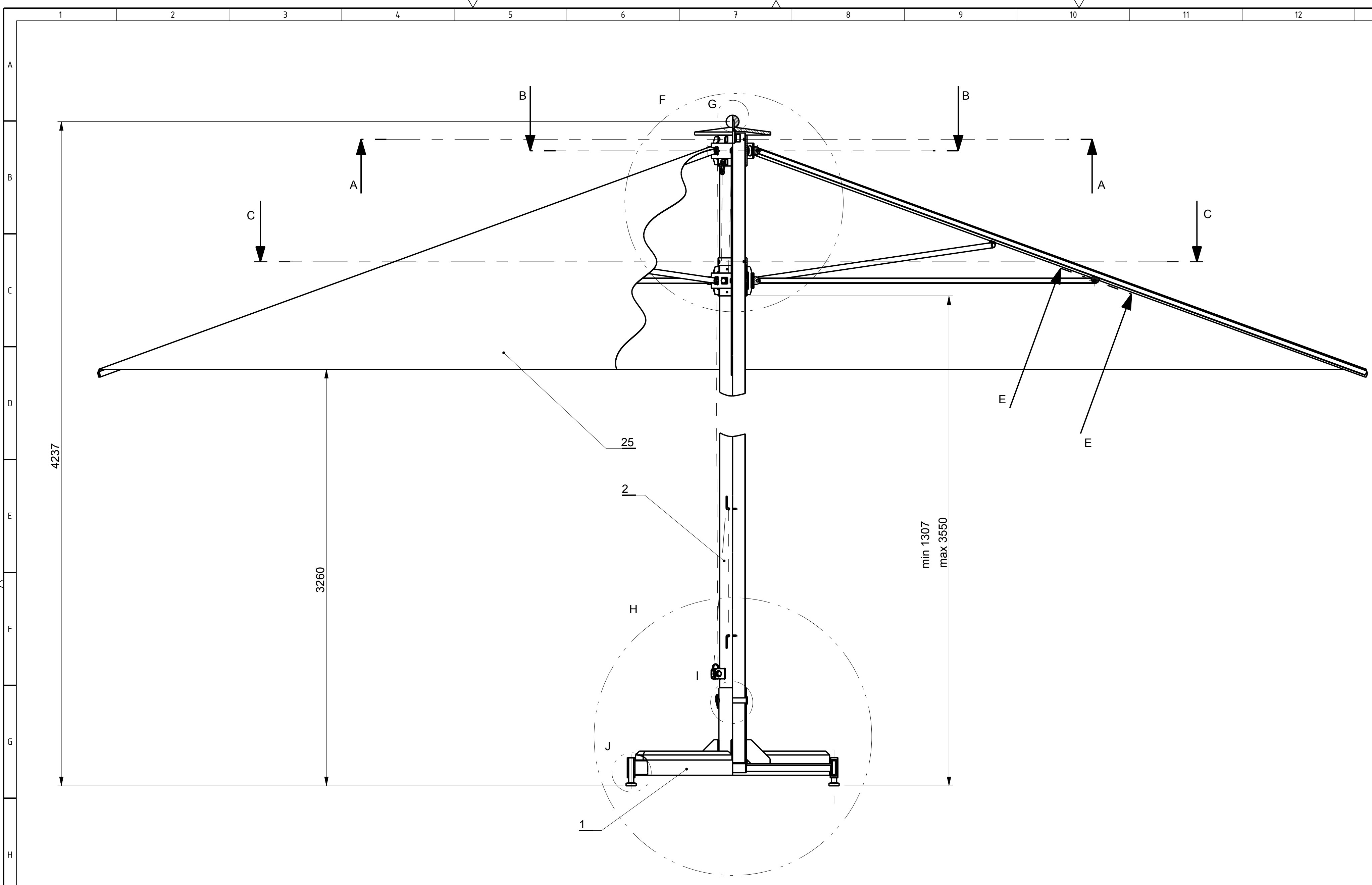
Na temelju analize polužnog mehanizma provedene u poglavlju 2 zaključeno je da najveći utjecaj na konstrukcijsko rješenje ima odabir odnosa duljina polužja suncobrana, budući da od njega zavisi duljina hoda pokretnog oslonca suncobrana te zavisnost sila u mehanizmu o položaju mehanizma, kao i njihov maksimalan iznos. Razmatrane su klasična i teleskopirajuća izvedba suncobrana, gdje je pri odabiru prednost dana klasičnoj izvedbi, budući da teleskopirajuća izvedba zahtjeva konstrukciju sa dva koloturnika, koja bi u konačnici rezultirala većim brojem dijelova konstrukcije, kompliciranom montažom a time i neopravdano većom cijenom. Pri razmatranju materijala za izradu nosive konstrukcije najboljim su se odabirom zbog svoje visoke specifične čvrstoće pokazale aluminijske slitine, no iz ekonomskih razloga prednost je dana konstrukcijskom čeliku. Uporaba aluminijskih slitina i teleskopirajuće izvedbe bila bi opravdana samo u slučaju suncobrana vrlo velikih dimenzija, gdje bi teleskopirajućim mehanizmom bilo nužno pri zatvaranju suncobrana kompenzirati za vrlo veliku duljinu nosača platna, dok bi se uporabom aluminijskih slitina ostvarila dovoljno mala masa pokretnih dijelova kako bi pokretanje suncobrana ručnom silom i dalje bilo moguće bez potrebe za većom multiplikacijom sile.

LITERATURA

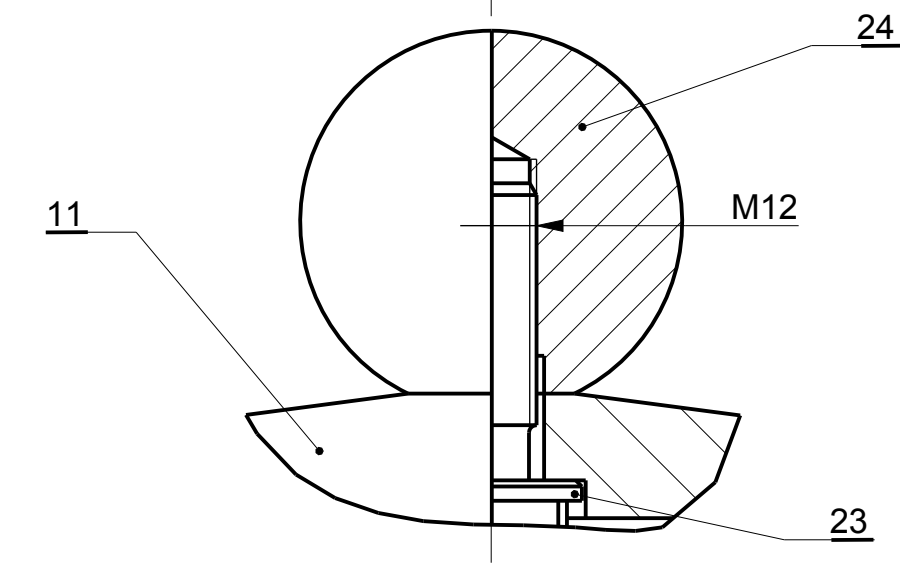
- [1] Ščap, D.: Transportni uređaji (podloge uz predavanja), Zagreb, 2004.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1976.
- [4] Ščap, D.: Prenosila i dizala (podloga za konstrukciju i proračun), Zagreb, 1990.

PRILOZI

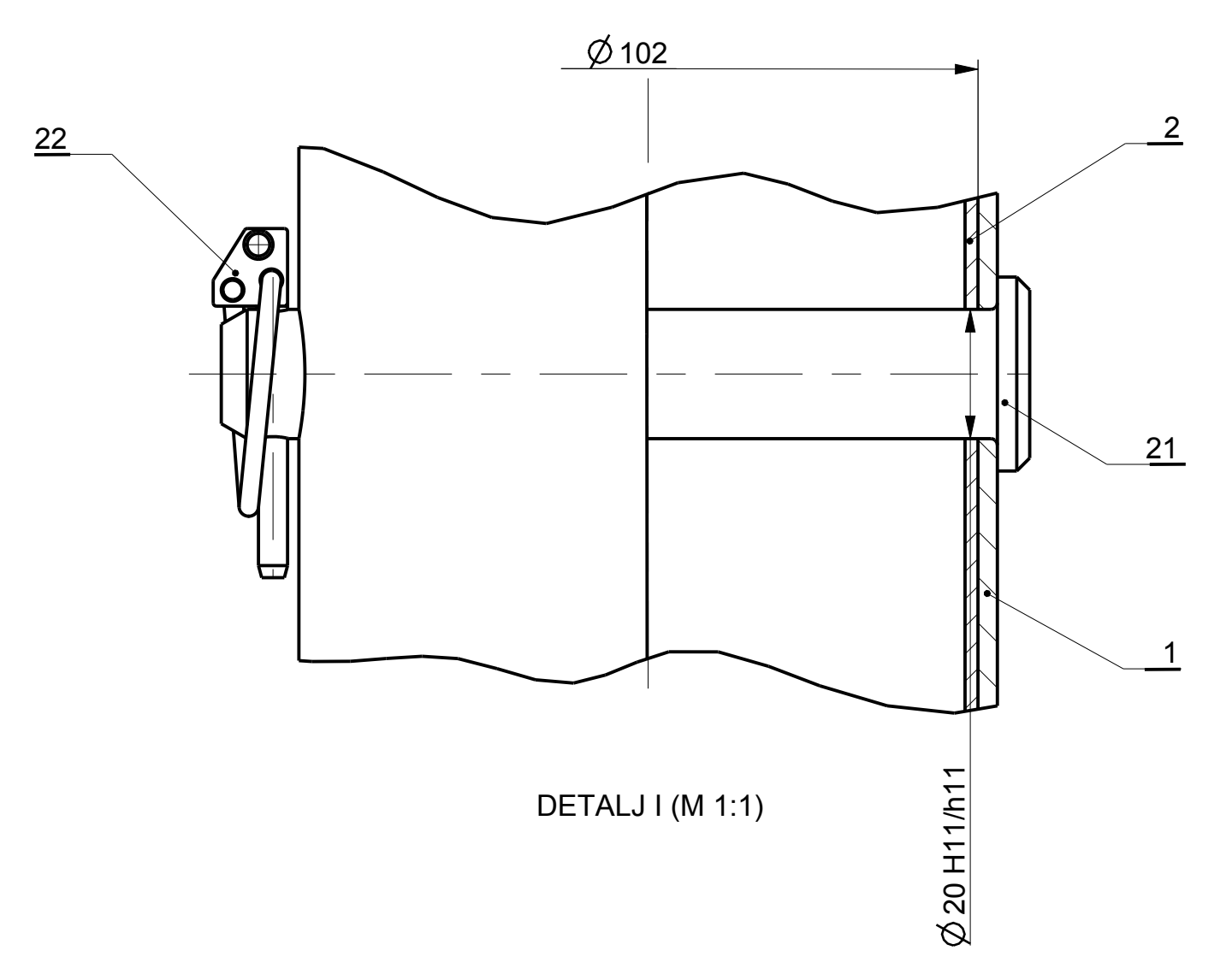
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija



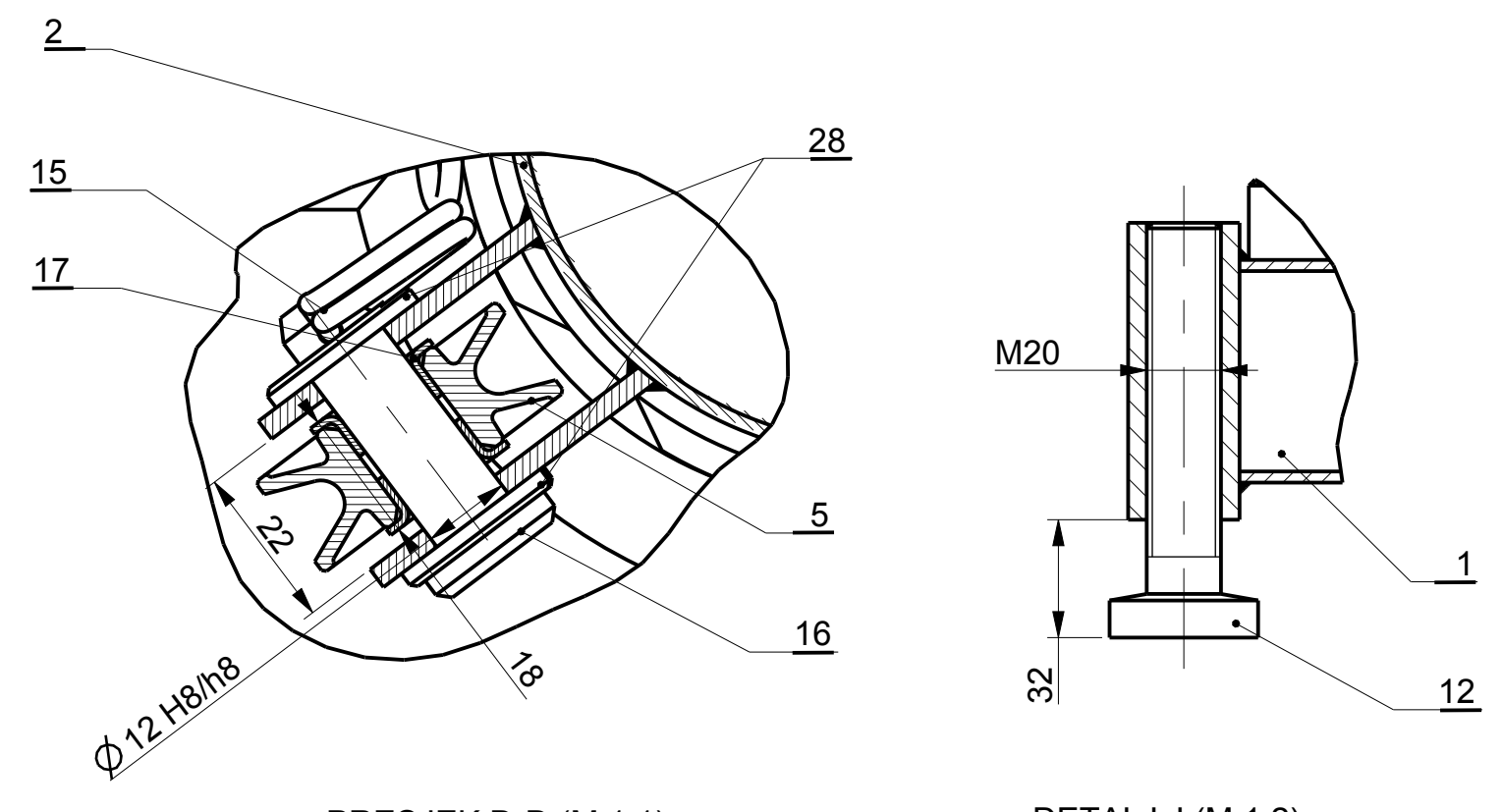
DETALJ F (M 1:5)



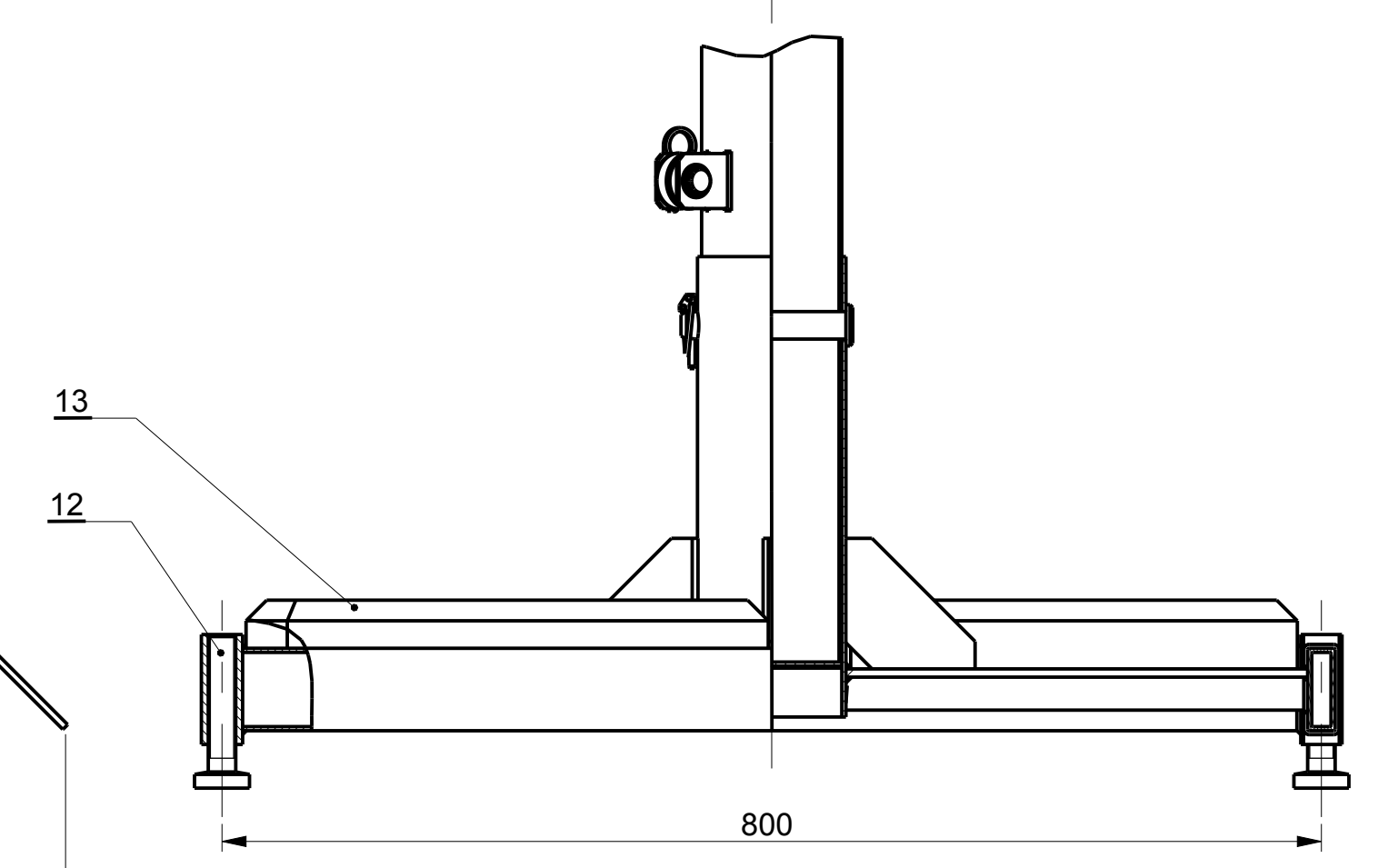
DETALJ G (M 1:1)



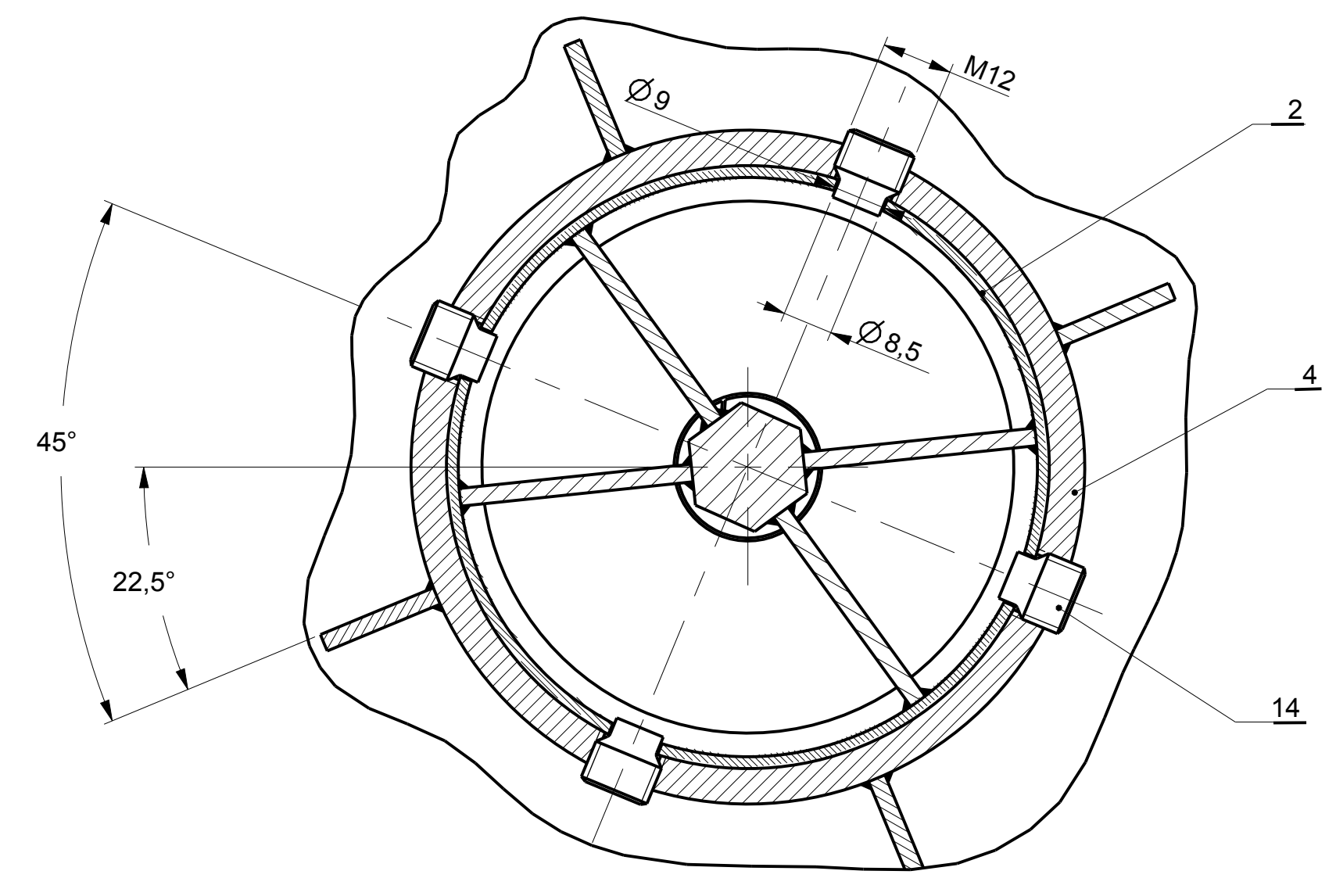
DETALJ I (M 1:1)



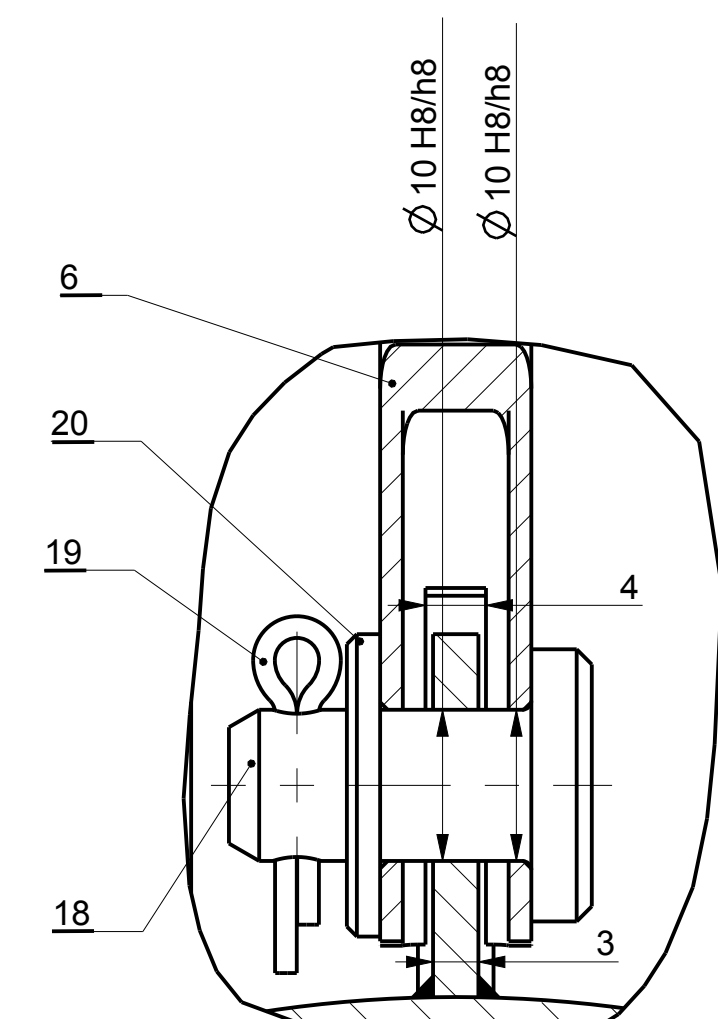
PRESJEK D-D (M 1:1)



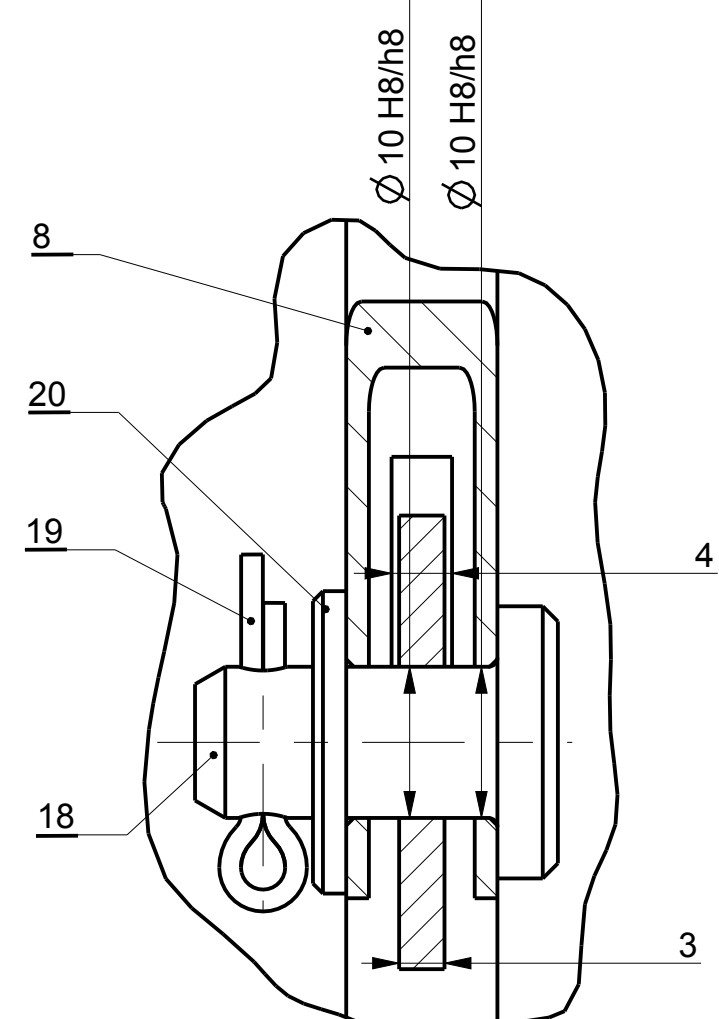
DETALJ H (M 1:5)



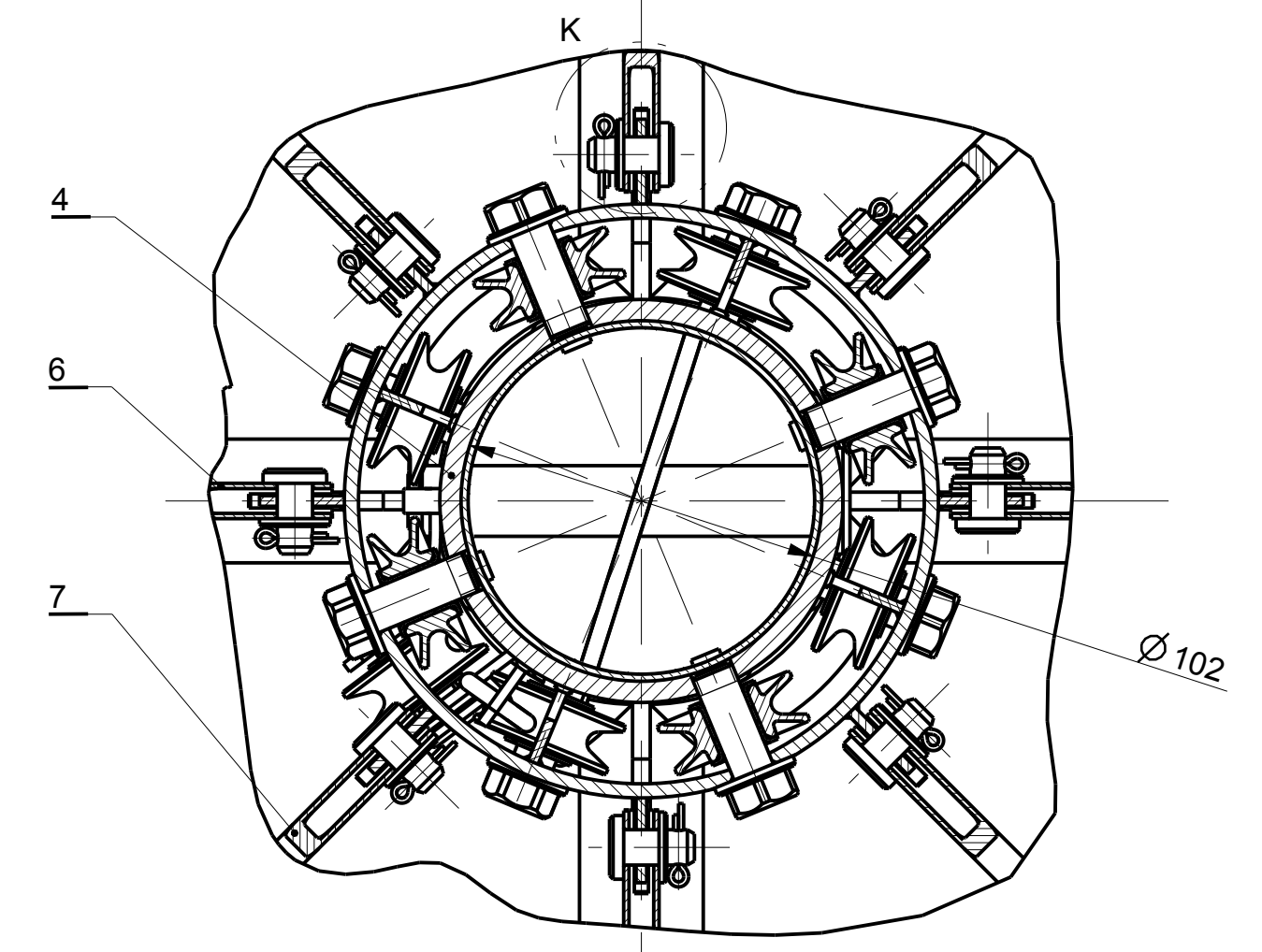
PRESJEK A-A (M 1:1)



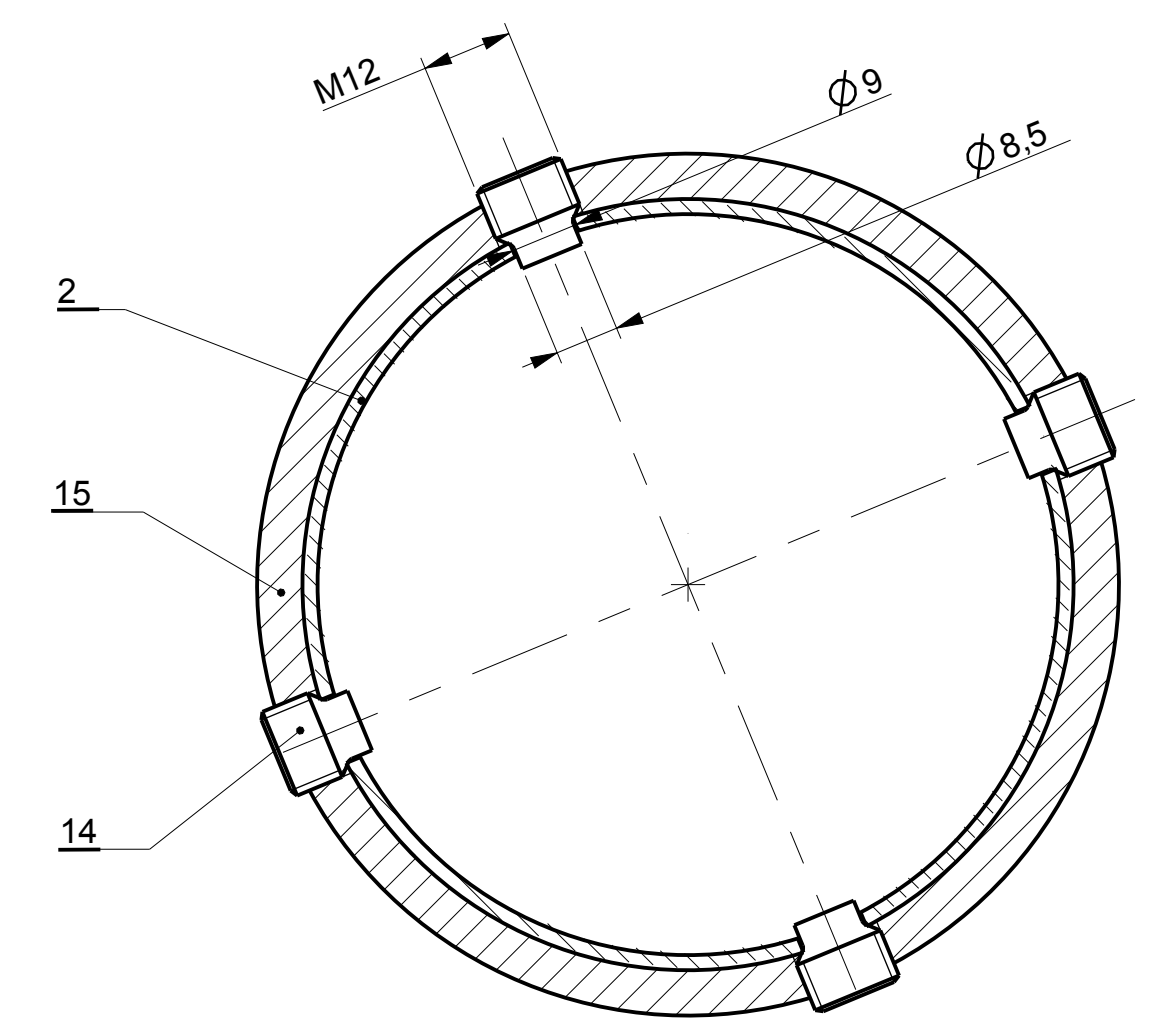
DETALJ K (M 2:1)



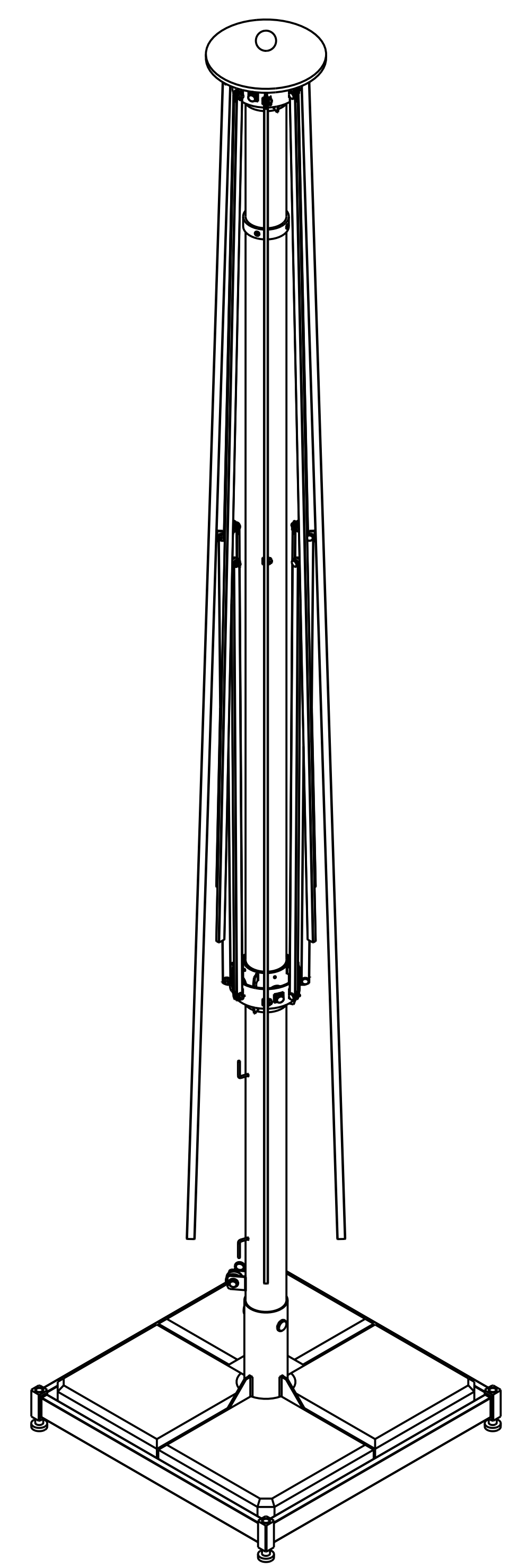
PRESJEK E-E (M 2:1)



PRESJEK B-B (M 1:2)

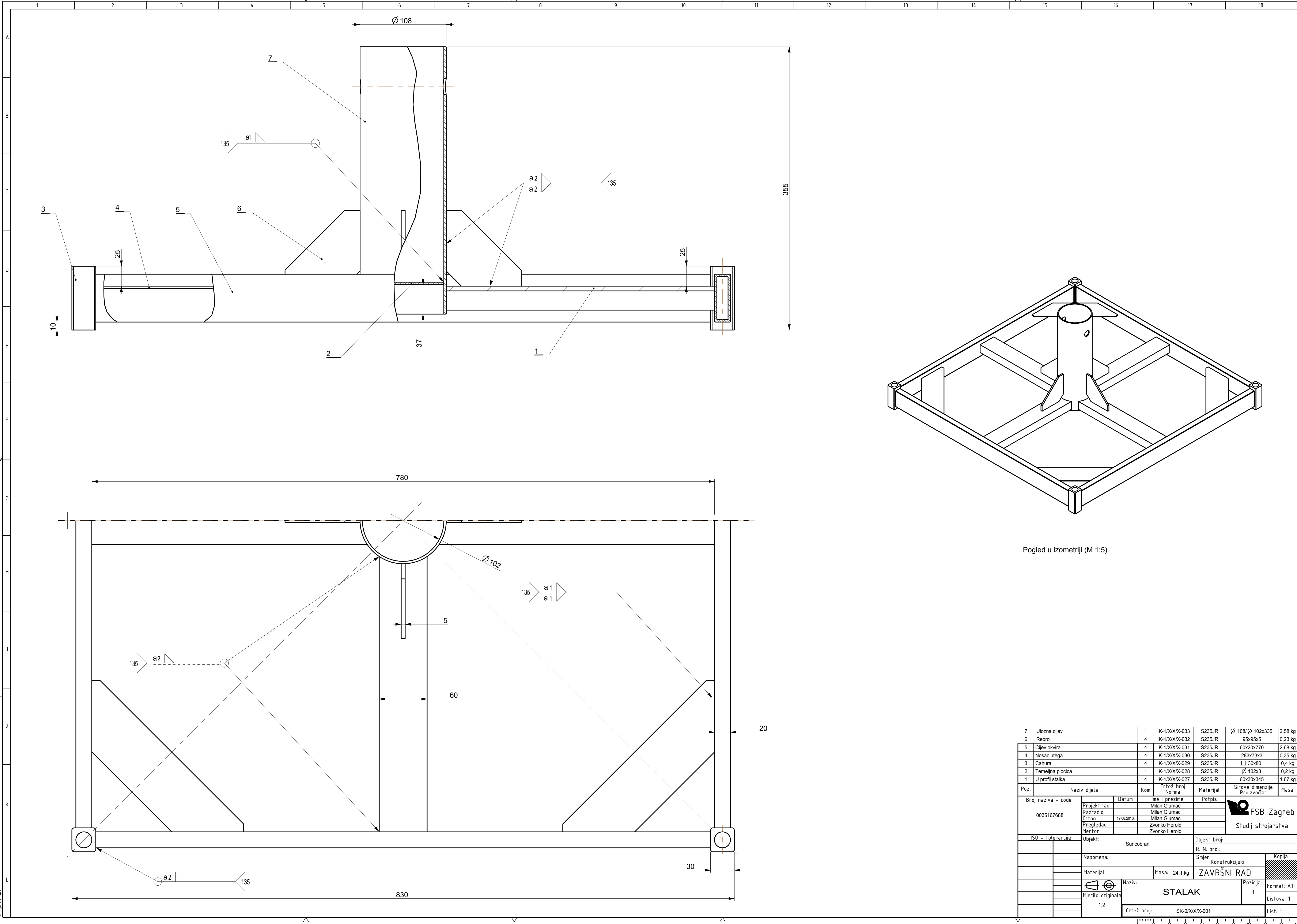


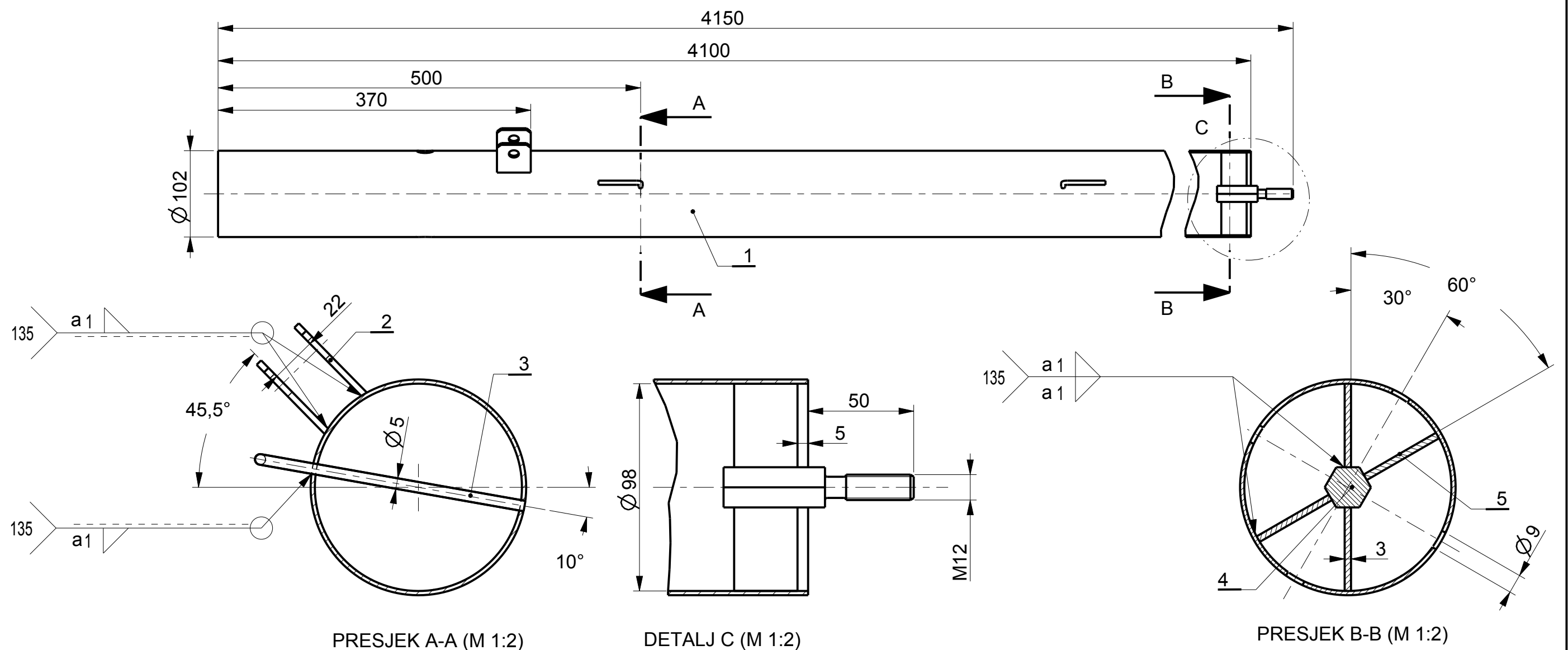
PRESJEK C-C (M 1:2)


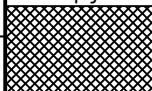



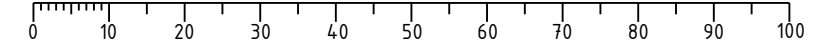
Pogled suncobrana u izometriji (M 1:10)
u sklopljenom položaju, bez pilota

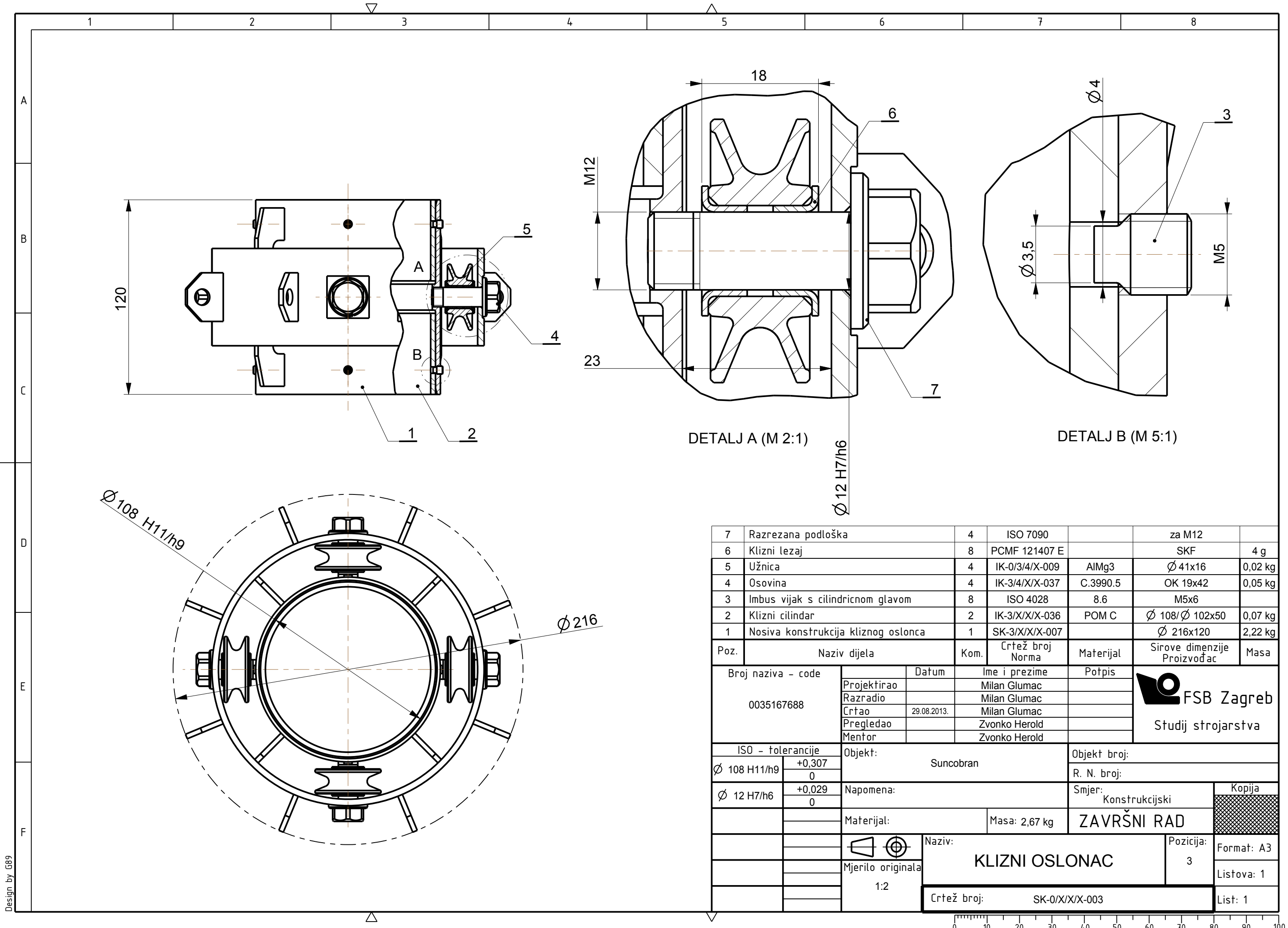
28	Podloška	2	ISO 7090	HV 300	Za M12		
27	Kutak sa zavarom em	1	DIN 9209		Č 50xØ5		
26	Uže	1	DIN 83331	PES	Ø6x22000, oblik A		
25	Platno	1	IK-00XXXX-038	Spunerylit	5000x5000	8 kg	
24	Kugla	1	DIN 318		Ø50, oblik C	67 g	
23	Razrezana podloška	1	ISO 7090		za M12		
22	Osigurac svornjaka	1	DIN 11023	HV 300	Ø4,5x4,2		
21	Svornjak	1	ISO 2341	8.8	Ø20x14,0		
20	Podloška	24	ISO 7090	HV 300	za M10		
19	Rascjepka	24	ISO 1234	8.8	Ø1,2x4,2		
18	Svornjak	24	ISO 2341	8.8	Ø12x20		
17	Klizni tešaj	2	PCMF 121407 E		SKF		
16	Svornjak	1	ISO 2341	8.8	Ø12x4,0		
15	Osigurac svornjaka	1	DIN 11024	8.6	Za Ø3,2		
14	Imbus vijak s cilindričnom glavom	8	ISO 4028	8.8	M12x12		
13	Utišaj	4	IK-00XXXX-015	Betlon	380x380x50	15,21 kg	
12	Noga	4	IK-00XXXX-014	S235JR	Ø40x112	0,35 kg	
11	Šešir	1	IK-00XXXX-013	PDM C	Ø300x106	1,37 kg	
10	Graničnik	1	IK-00XXXX-012	S235JR	Ø114, Ø102x30	0,44 kg	
9	Poluga tip 2	4	IK-00XXXX-011	S235JR	20x10x1310	0,86 kg	
8	Poluga tip 1	4	IK-00XXXX-010	S235JR	20x10x1350	0,85 kg	
7	Dijagonalni nosac	4	SK-00XXXX-008	S235JR	3556x45x10	2,26 kg	
6	Bočni nosac	4	SK-00XXXX-005	S235JR	2565x45x10	1,63 kg	
5	Učvršćivač	1	IK-00XXXX-009	AlMg3	Ø4x16	0,07 kg	
4	Fiksni oslonac	1	SK-00XXXX-004		Ø16x120	1,37 kg	
3	Klizni oslonac	1	SK-00XXXX-003		Ø216x120	2,67 kg	
2	Stup	1	SK-00XXXX-002		Ø102x150	24,36 kg	
1	Staljak	1	SK-00XXXX-001	S235JRG2	830x830x335	24,1 kg	
Poz.		Naziv dijela		Konf.	Ime i prezime	Materijal	Potpis
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis	
0035167688		31.08.2013		Milan Gumić			
Projektirao		31.08.2013		Milan Gumić			
Razradio		31.08.2013		Milan Gumić			
Crtao				Zvonko Herold			
Pragledao				Zvonko Herold			
Mentor				Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt:		Suncobran		Objekt broj:	
Ø 20 H11/h11		+0,200		R. N. broj:		Knpia	
Ø 12 H8/h8		+0,054		Napomena:		Sajer:	
Ø 10 H8/h8		0		Materijal:		Konstruktivski	
		+0,044		Masa: 145 kg		ZAVRŠNI RAD	
		0		Naziv:		SUNCOBAN	
		Mjerilo originala		1:10		Listova: 1	
		Crtež broj:		SK-XXXX-000		List: 1	

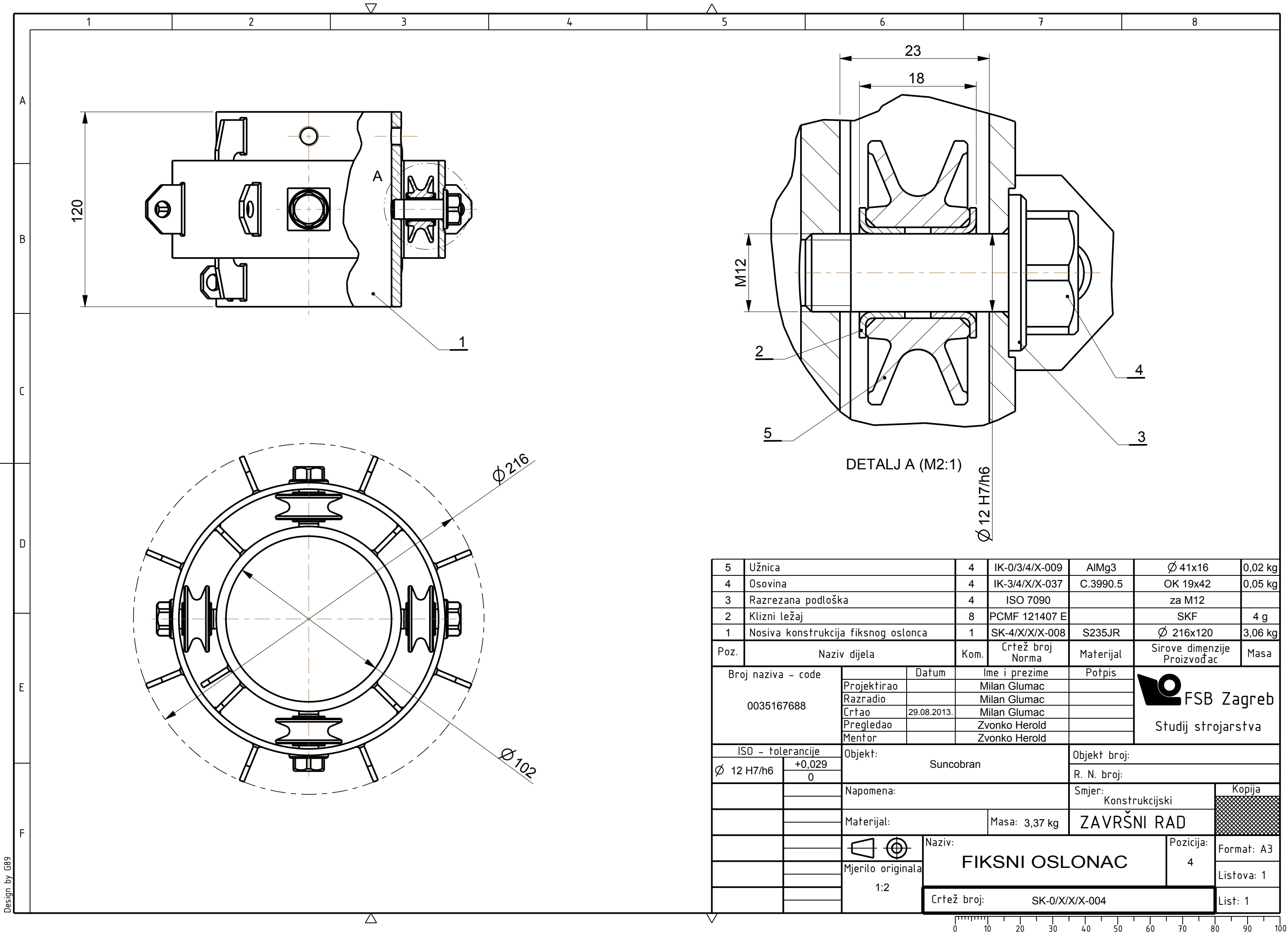




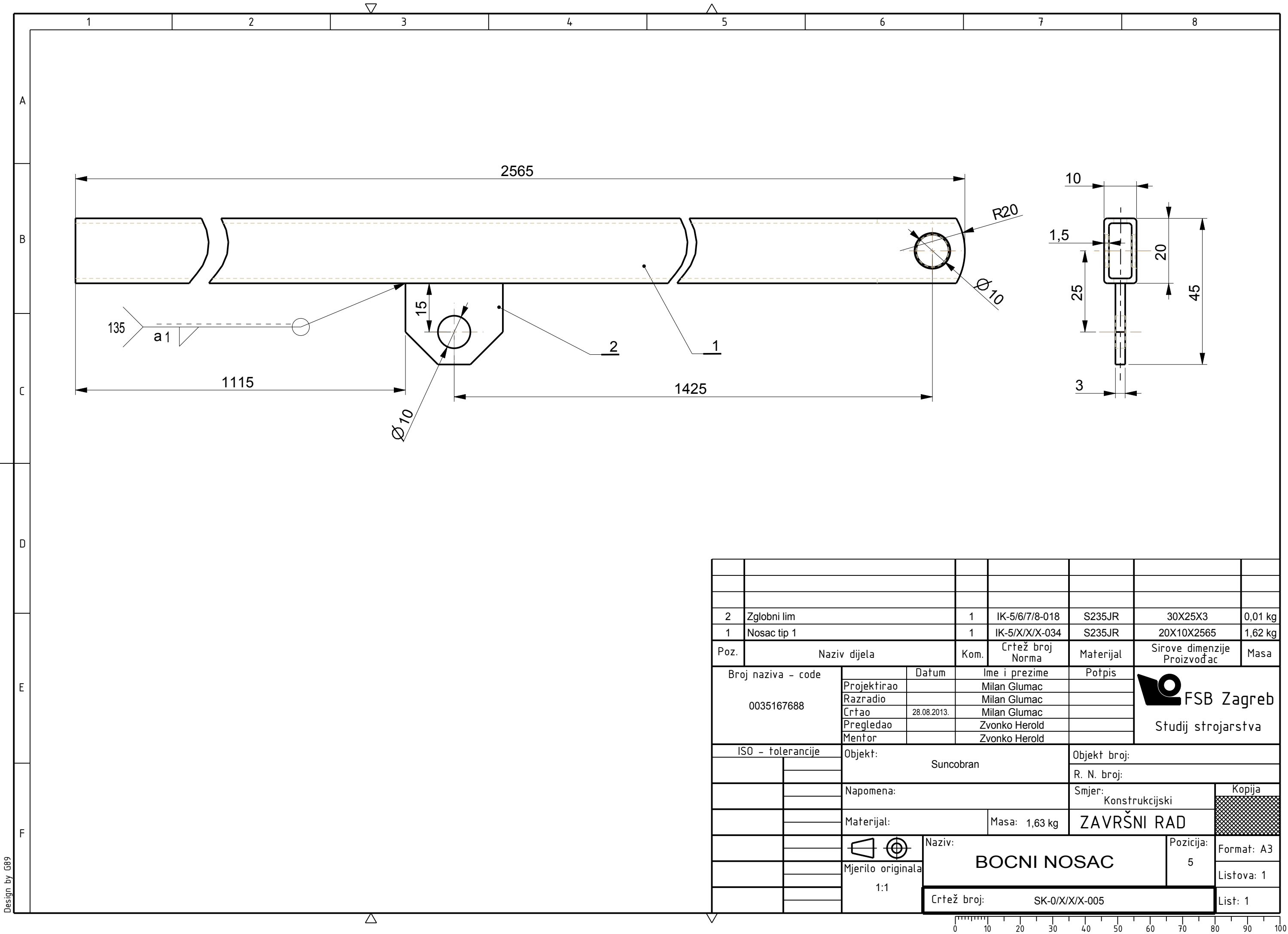
5	Spojini lim tip 2	4	IK-2/X/X/X-026	S235JR	40x30x3	0,028 kg	
4	Nosac sesira	1	IK-2/X/X/X-025	C.3990.5	OK 19x90	0,17 kg	
3	Sipka za namotavanje	2	IK-2/X/X/X-024	S235JR	130x53x5	0,028 kg	
2	Nosac uznice	2	IK-2/X/X/X-023	S235JR	46x40x3	0,04 kg	
1	Centralni nosac	1	IK-2/X/X/X-022	S235JR	Ø 102x4100	20,14 kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao		Milan Glumac			
		Razradio		Milan Glumac			
		Crtao	28.08.2013.	Milan Glumac			
		Pregledao		Zvonko Herold			
Mentor		Zvonko Herold					
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:		
		Suncobran			R. N. broj:		
		Napomena:			Smjer:		Kopija
					Konstrukcijski		
		Materijal:	Masa: 20,56 kg	ZAVRŠNI RAD			
			Naziv:			Pozicija:	Format: A3
		Mjerilo originala	STUP			2	Listova: 1
		1:5	Crtež broj: SK-0/X/X/X-002				List: 1



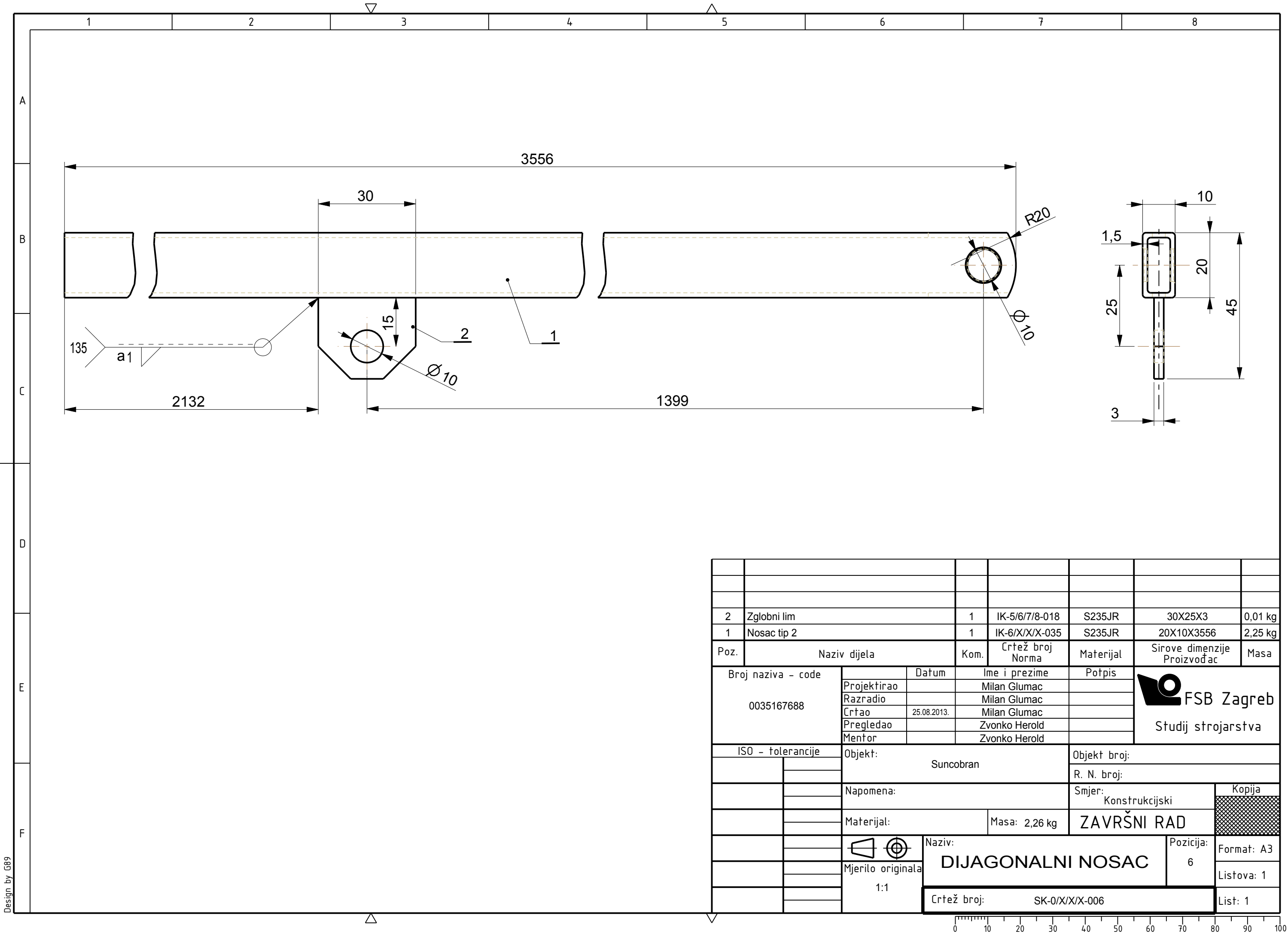



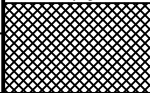



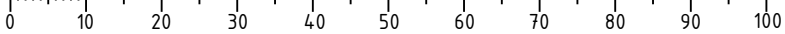
5	Užnica	4	IK-0/3/4/X-009	AlMg3	Ø 41x16	0,02 kg	
4	Osovina	4	IK-3/4/X/X-037	C.3990.5	OK 19x42	0,05 kg	
3	Razrezana podloška	4	ISO 7090		za M12		
2	Klizni ležaj	8	PCMF 121407 E		SKF	4 g	
1	Nosiva konstrukcija fiksnog oslonca	1	SK-4/X/X/X-008	S235JR	Ø 216x120	3,06 kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime		Potpis	<div> FSB Zagreb</div> <div>Studij strojarstva</div>
		Projektirao		Milan Glumac			
		Razradio		Milan Glumac			
		Crtao	29.08.2013.	Milan Glumac			
		Pregledao		Zvonko Herold			
		Mentor		Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:		
Ø 12 H7/h6	+0,029	Suncobran			R. N. broj:		
	0						
		Napomena:			Smjer:	Kopija	
					Konstruktivski	<div></div>	
		Materijal:		Masa: 3,37 kg	ZAVRŠNI RAD		
		<div></div> <div>Mjerilo originala</div> <div>1:2</div>	Naziv:			Pozicija:	Format: A3
			FIKSNI OSOLONAC			4	Listova: 1
			Crtež broj:			SK-0/X/X/X-004	List: 1

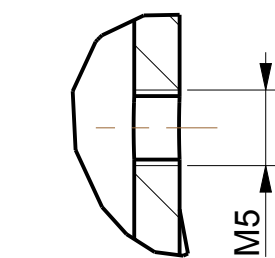
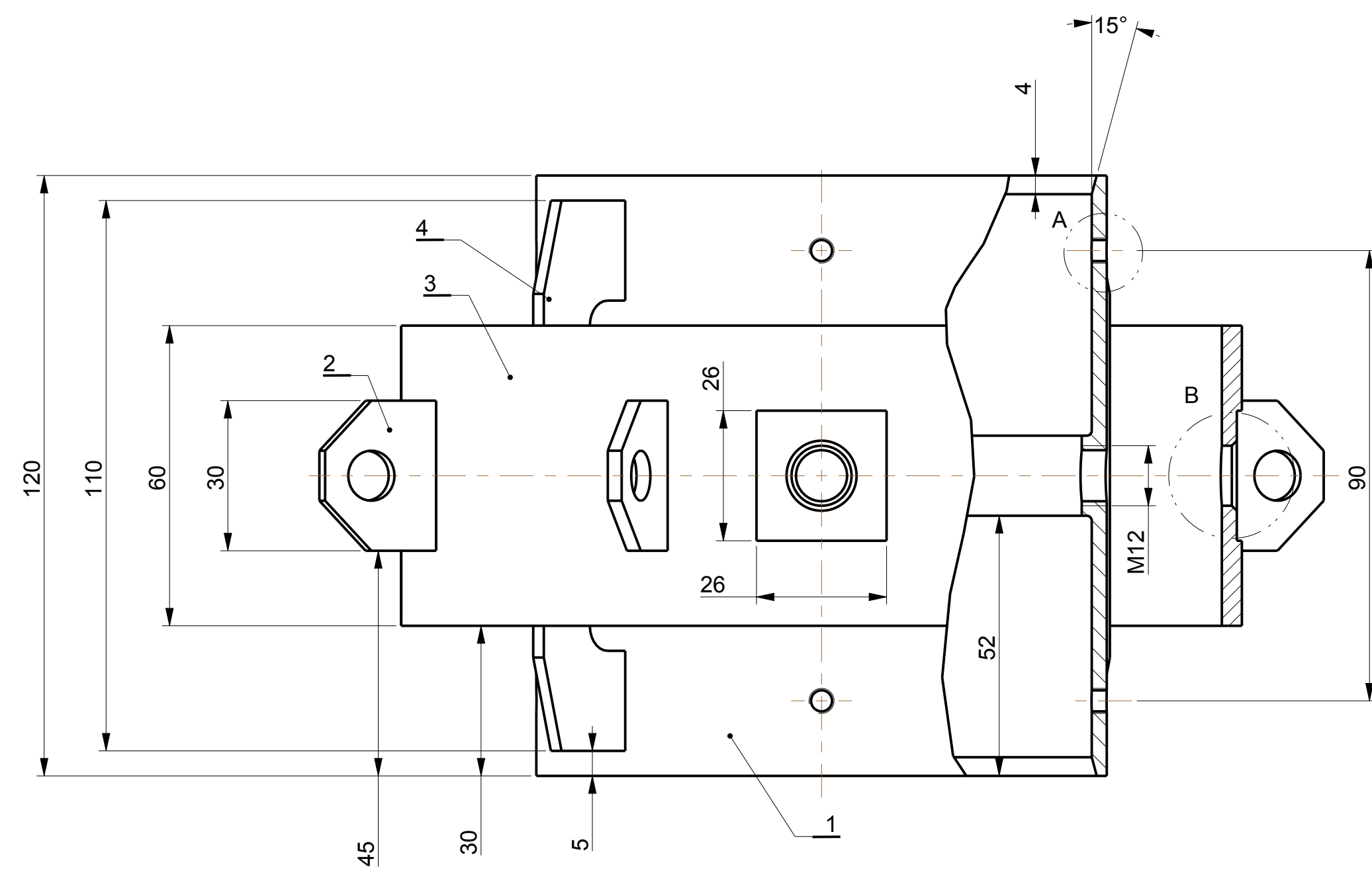


2	Zglobni lim	1	IK-5/6/7/8-018	S235JR	30X25X3	0,01 kg	
1	Nosac tip 1	1	IK-5/X/X/X-034	S235JR	20X10X2565	1,62 kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
		Projektirao		Milan Glumac			
		Razradio		Milan Glumac			
		Crtao	28.08.2013.	Milan Glumac			
		Pregledao		Zvonko Herold			
		Mentor		Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:		
					R. N. broj:		
		Napomena:			Smjer: Konstruktivski		Kopija
		Materijal:			Masa: 1,63 kg	ZAVRŠNI RAD	
		 Mjerilo originala 1:1	Naziv: BOCNI NOSAC			Pozicija: 5	Format: A3
			Crtež broj: SK-0/X/X/X-005				Listova: 1
							List: 1

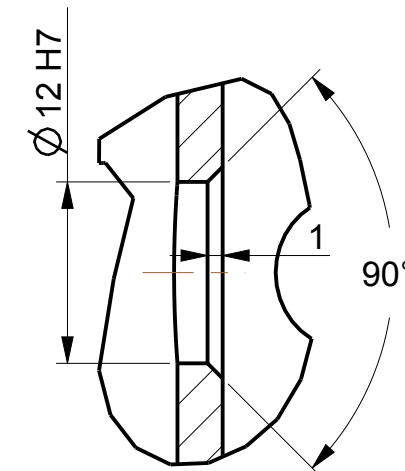


2	Zglobni lim	1	IK-5/6/7/8-018	S235JR	30X25X3	0,01 kg		
1	Nosac tip 2	1	IK-6/X/X/X-035	S235JR	20X10X3556	2,25 kg		
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa	
Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime		Potpis	<div> FSB Zagreb</div> <div>Studij strojarstva</div>	
		Projektirao		Milan Glumac				
		Razradio		Milan Glumac				
		Crtao	25.08.2013.	Milan Glumac				
		Pregledao		Zvonko Herold				
		Mentor		Zvonko Herold				
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:			
		Suncobran			R. N. broj:			
		Napomena:			Smjer:		Kopija	
					Konstrukcijski			
		Materijal:		Masa: 2,26 kg	ZAVRŠNI RAD			
		<div></div> <div>Mjerilo originala</div> <div>1:1</div>	Naziv:				Pozicija:	Format: A3
			DIJAGONALNI NOSAC				6	Listova: 1
			Crtež broj:				List: 1	
			SK-0/X/X/X-006					

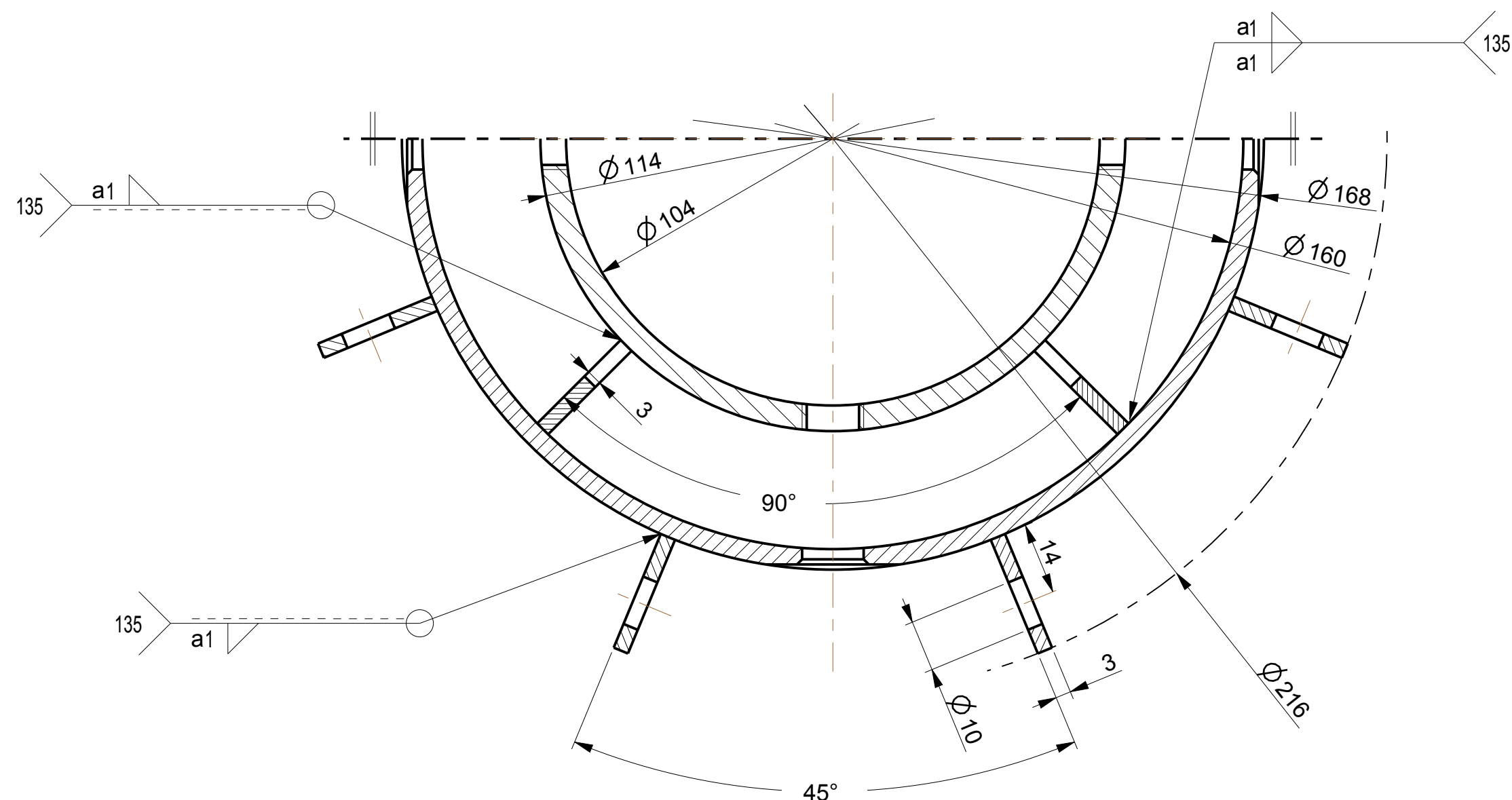
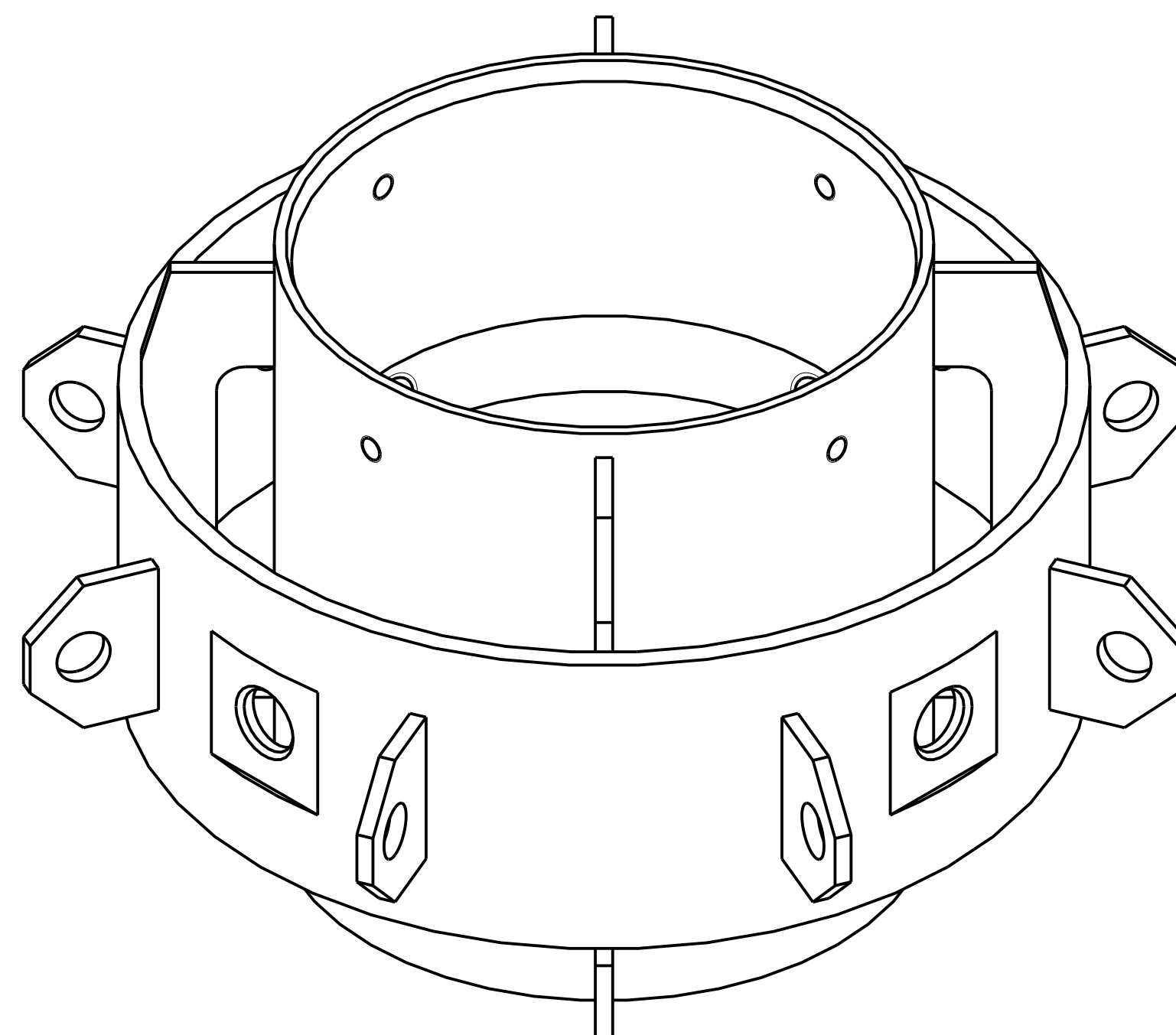




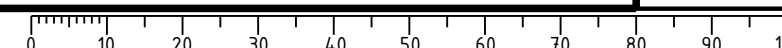
DETALJ A (M2:1)

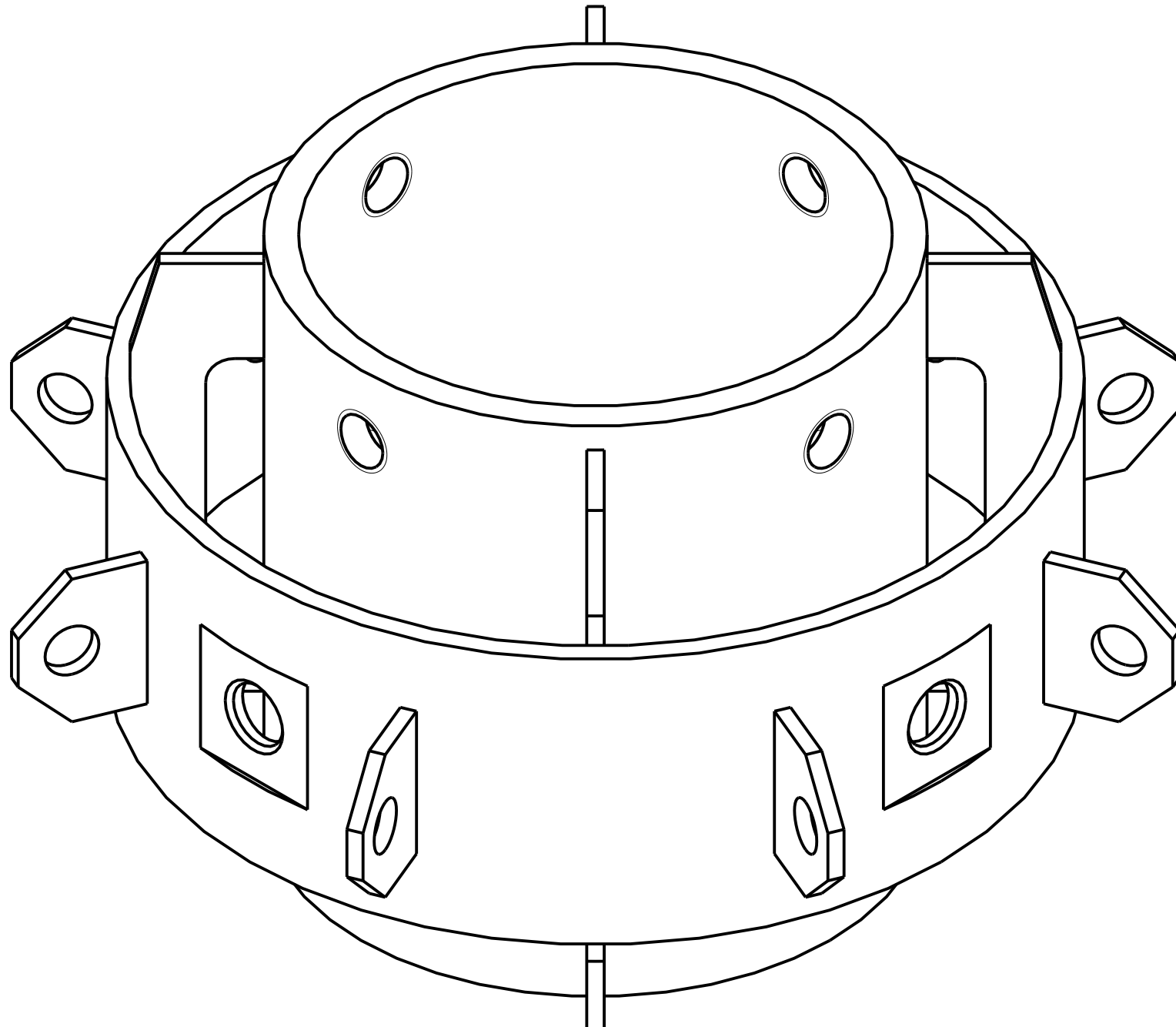
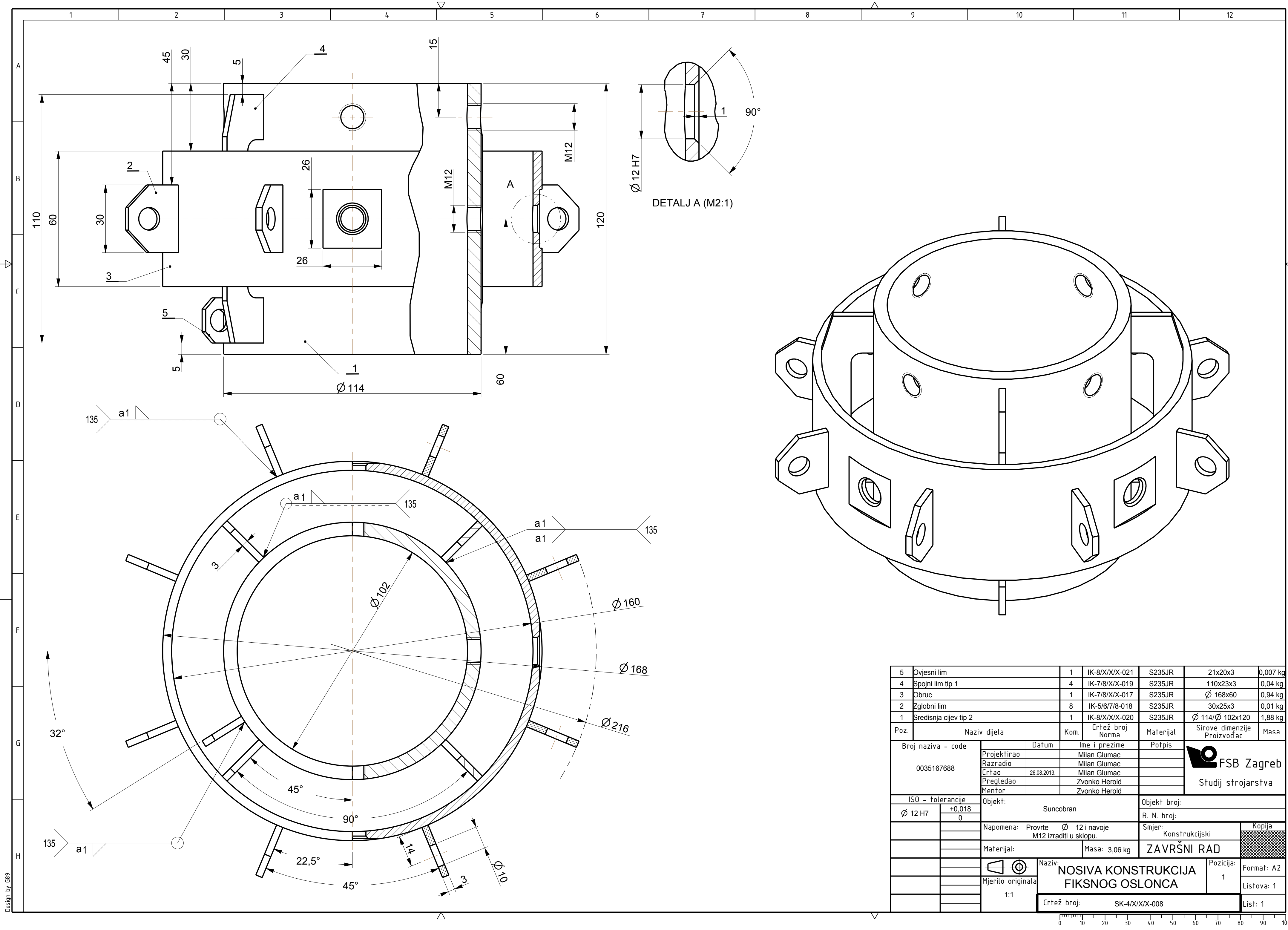


DETALJ B (M(2:1)

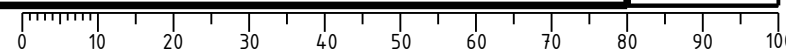


4	Spojini lim tip 1	4	IK-7/8/X/X-019	S235JR	110x23x3	0,04 kg	
3	Obruc	1	IK-7/8/X/X-017	S235JR	Ø 168x60	0,94 kg	
2	Zglobni lim	8	IK-5/6/7/8-018	S235JR	30x25x3	0,01 kg	
1	Središnja cijev tip 1	1	IK-7/X/X-X-016	S235JR	Ø 114/ Ø 104x120	1,04 kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime		Potpis		
		Projektirao	Milan Glumac				
		Razradio	Milan Glumac				
		Crtao	21.08.2013.	Milan Glumac			
		Pregledao	Zvonko Herold				
			Zvonko Herold				
ISO - tolerancije			Objekt:		Objekt broj:		
Ø 12 H7		+0,018		Suncobran		R. N. broj:	
		0					
		Napomena: Provrti Ø 12 i navoje M12 i M5 izraditi u sklopu.		Smjer:		Kopija	
		Materijal:		Konstrukcijski			
		Masa: 2,22 kg		ZAVRŠNI RAD			
		Naziv:		Pozicija:			
		NOSIVA KONSTRUKCIJA KLIZNOG OSLOPCA		1			
		Mjerilo originala 1:1		Format: A2			
				Listova: 1			
		Crtež broj:		SK-3/X/X-X-007		List: 1	



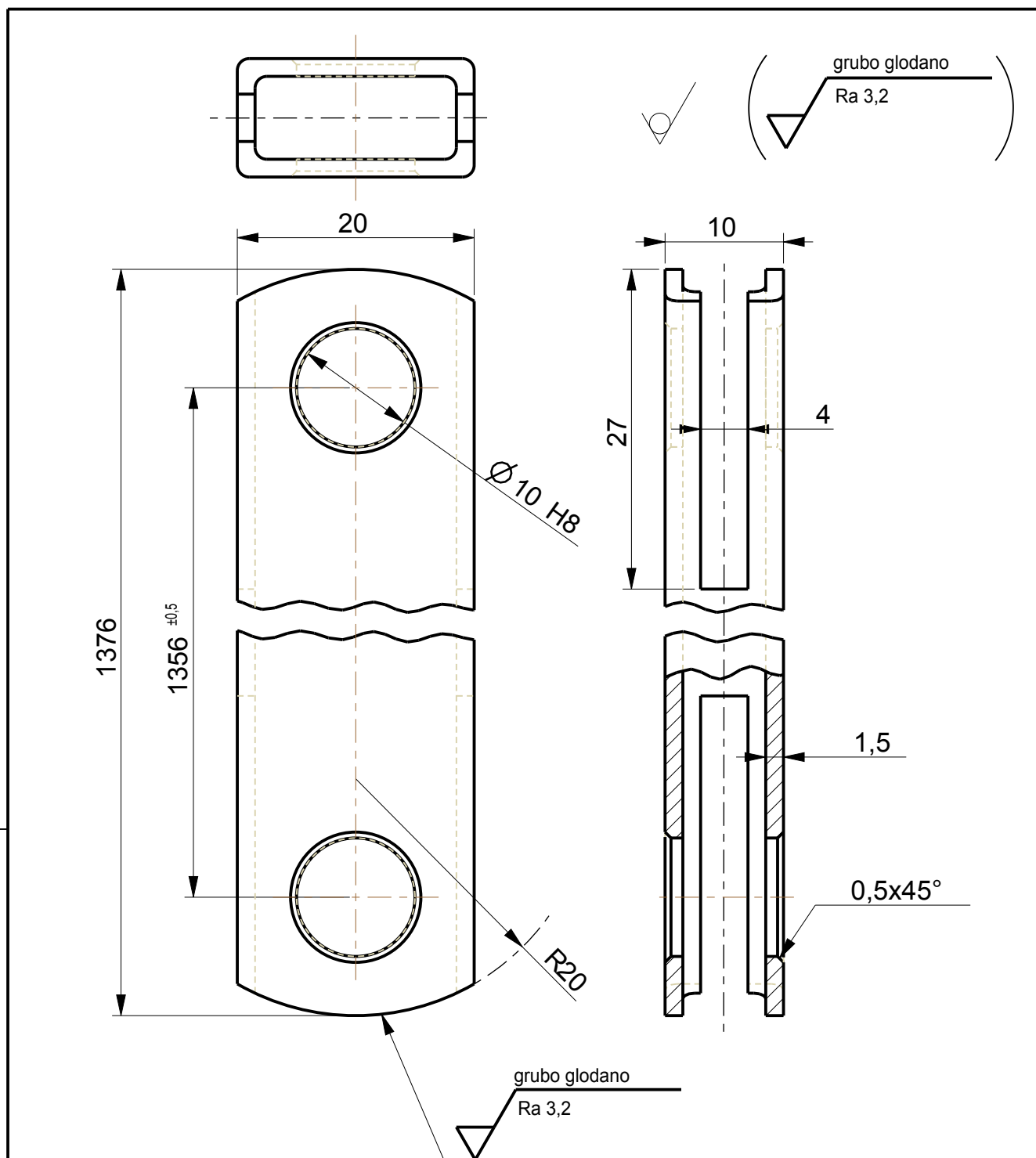



5	Ovjesni lim	1	IK-8/X/X-X-021	S235JR	21x20x3	0,007 kg	
4	Spojni lim tip 1	4	IK-7/8/X/X-019	S235JR	110x23x3	0,04 kg	
3	Obruc	1	IK-7/8/X/X-017	S235JR	Ø 168x60	0,94 kg	
2	Zglobni lim	8	IK-5/6/7/8-018	S235JR	30x25x3	0,01 kg	
1	Sredisnja cijev tip 2	1	IK-8/X/X/X-020	S235JR	Ø 114/Ø 102x120	1,88 kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime	Potpis	<div> FSB Zagreb</div> <div>Studij strojarstva</div>	
		Projektirao		Milan Glumac			
		Razradio		Milan Glumac			
		Crtao	26.08.2013.	Milan Glumac			
		Pregledao		Zvonko Herold			
		Menfor		Zvonko Herold			
ISO – tolerancije		Objekt:			Objekt broj:		
Ø 12 H7	+0,018 0	Suncobran			R. N. broj:		
		Napomena: Provrite Ø 12 i navoje M12 izraditi u sklopu.			Smjer: Konstrukcijski		Kopija
		Materijal:		Masa: 3,06 kg	ZAVRŠNI RAD		
		<div></div> Naziv:				Pozicija:	Format: A2
		Mjerilo originala				1	Listova: 1
		1:1				List: 1	
		Crtež broj: SK-4/X/X/X-008					

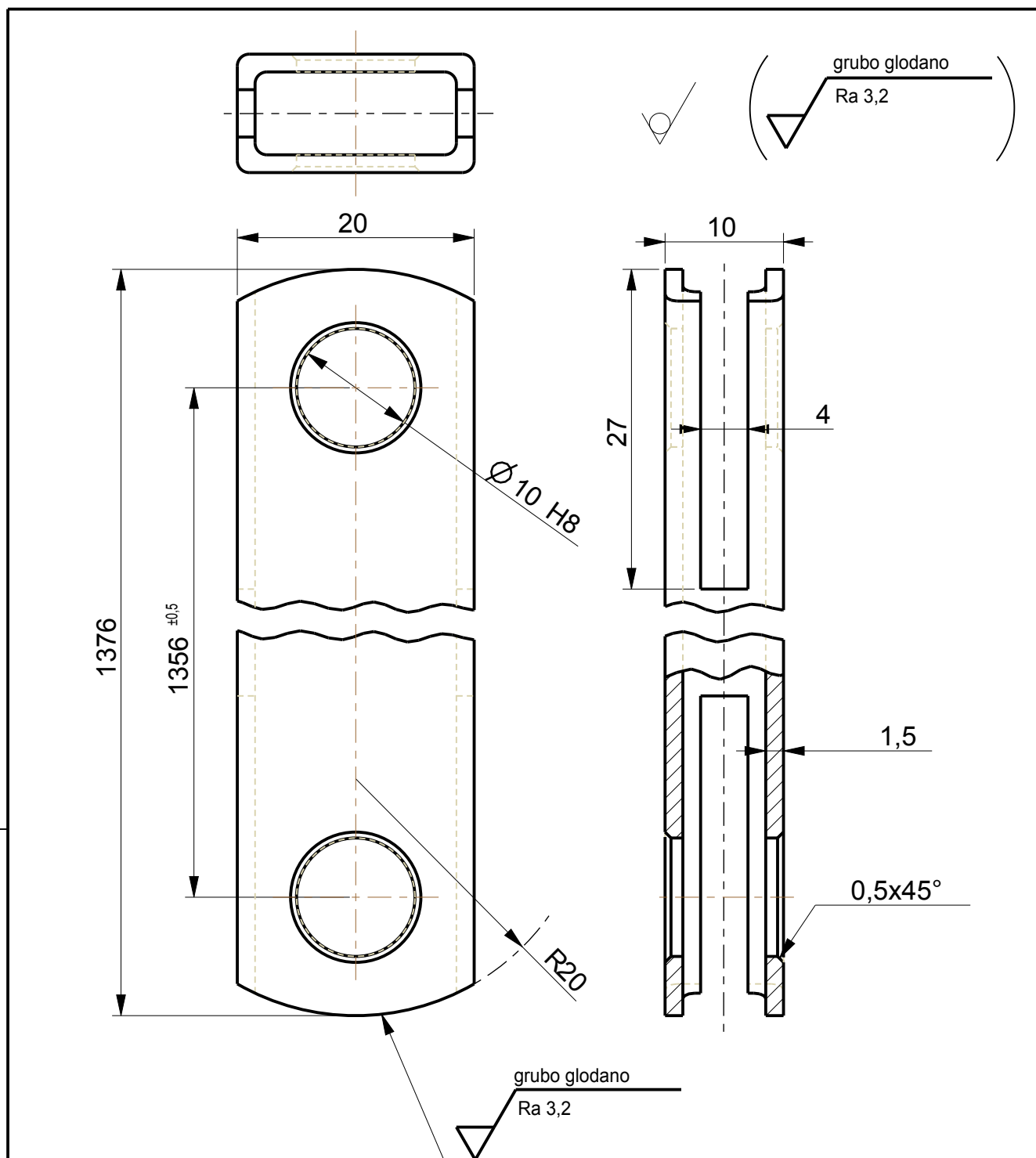



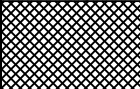
Technical drawing of a part with a chamfer and a surface finish symbol. The chamfer is labeled "fino tokareno" and "Ra 0,4".

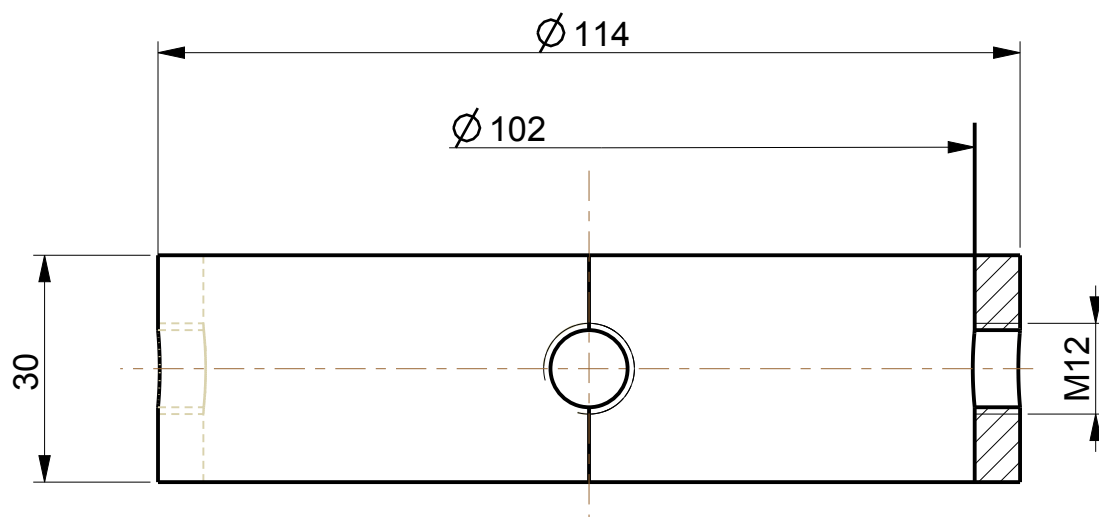




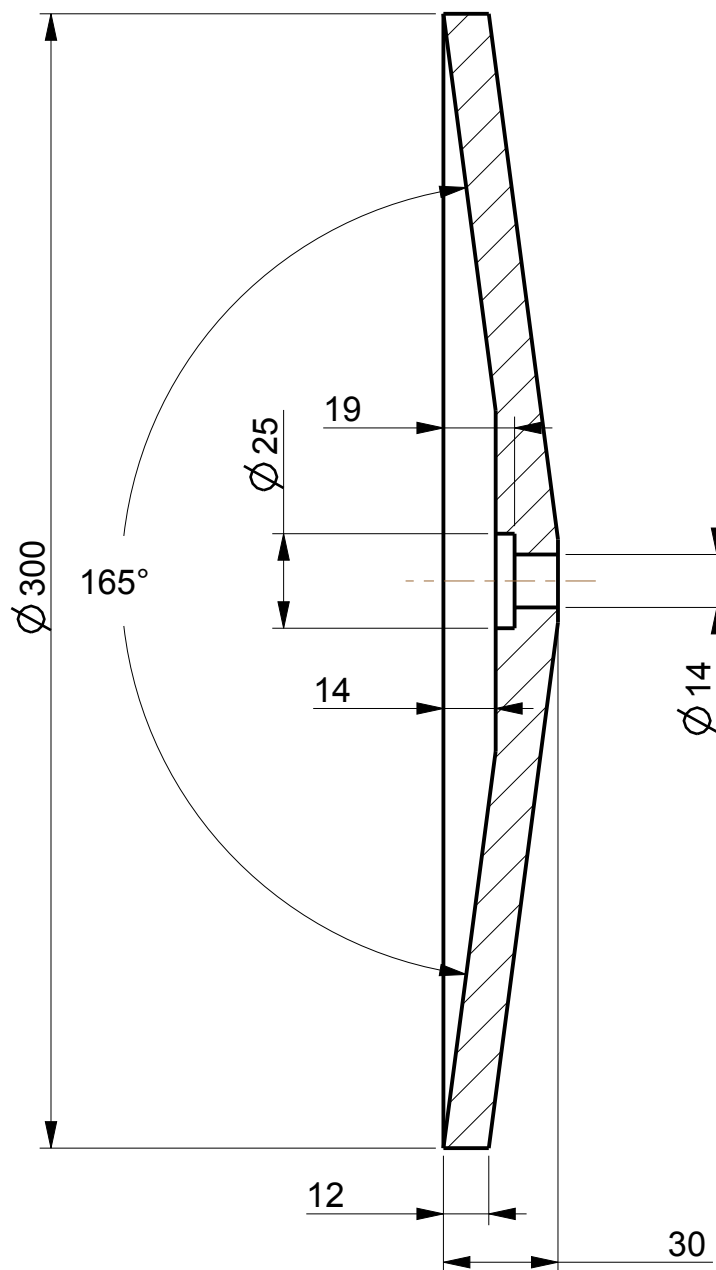
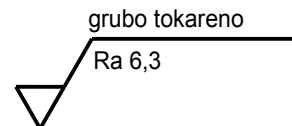
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	Milan Glumac			
		Razradio	Milan Glumac			
		Crtao	01.09.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt:	Suncobran		Objekt broj:	
Ø 10 H8	+0,022 0				R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: pravokutna šavna cijev 20x10x1,5			Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal: S235JR		Masa: 0,85 kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: POLUGA TIP 1			Pozicija: 8	
		Mjerilo originala 2:1			Format: A4	
		Crtež broj: IK-0/X/X/X-010			Listova: 1	
					List: 1	



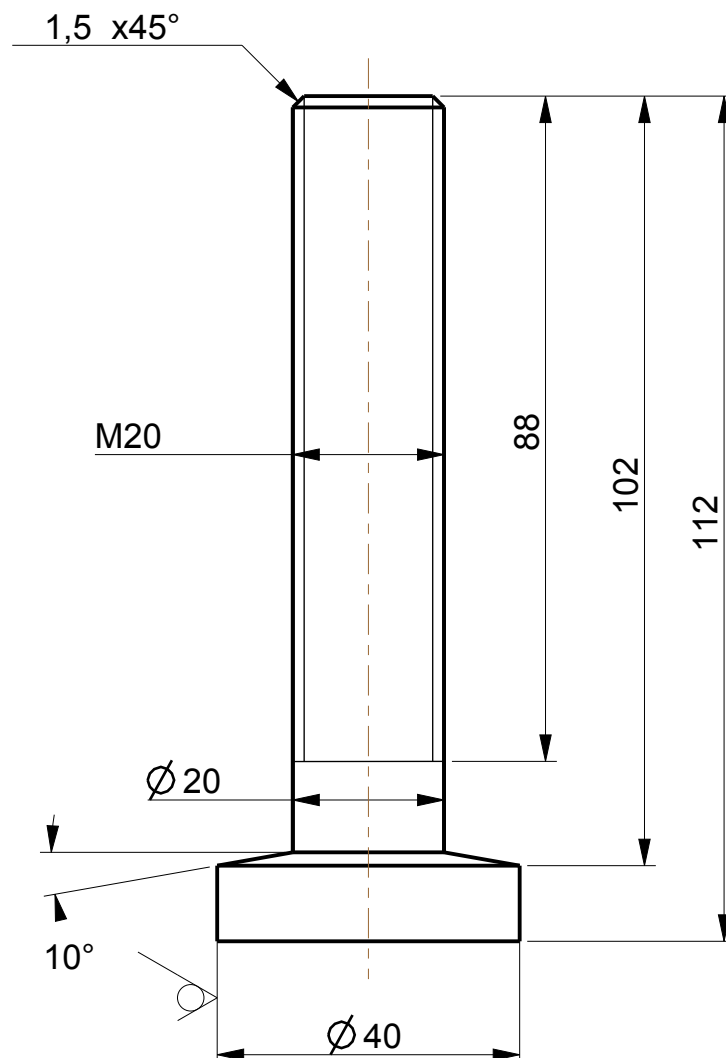
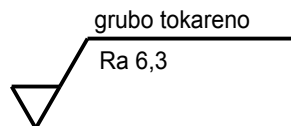
Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva					
		Projektirao			Milan Glumac						
		Razradio			Milan Glumac						
		Crtao		01.09.2013.	Milan Glumac						
		Pregledao			Zvonko Herold						
		Mentor			Zvonko Herold						
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:						
Ø 10 H8	+0,022 0				R. N. broj:						
		Napomena: Poluproizvod: pravokutna šavna cijev 20x10x1,5			Smjer: Konstrukcijski	Kopija					
		Materijal: S235JR		Masa: 0,86 kg	ZAVRŠNI RAD						
		Naziv: POLUGA TIP 2					Pozicija: 9	Format: A4			
							Mjerilo originala 2:1				Listova: 1
		Crtež broj: IK-0/X/X/X-011									


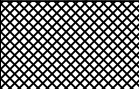
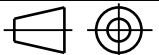


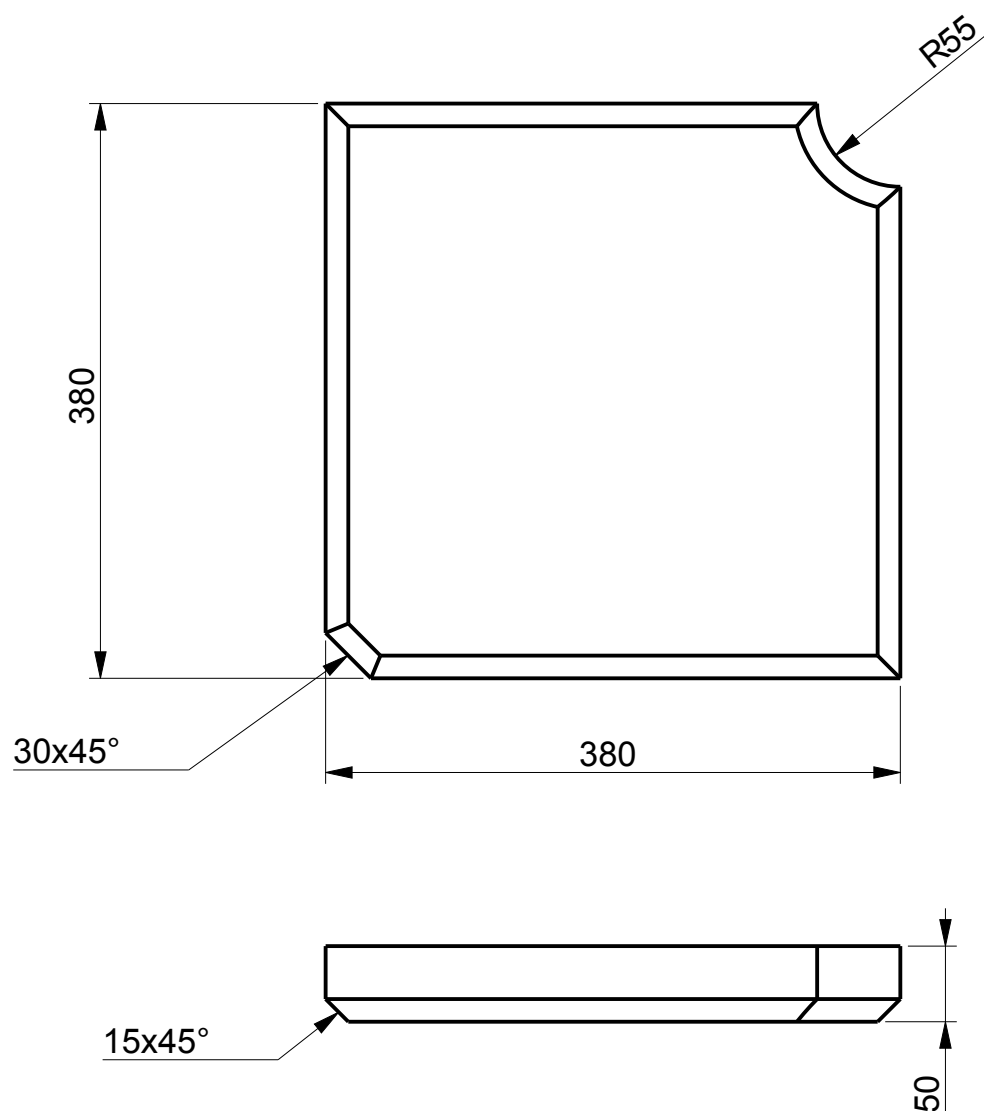
Broj naziva - code 0035167688	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
	Razradio		Milan Glumac		
	Crtao	01.09.2013.	Milan Glumac		
	Pregledao		Zvonko Herold		
	Mentor		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije	Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena: Poluproizvod: šavna cijev Ø 114 t=6mm			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 0,46 kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: GRANICNIK			Pozicija: 10
	Mjerilo originala				Format: A4
	1:1	Crtež broj: IK-0/X/X/X-012			Listova: 1
					List: 1



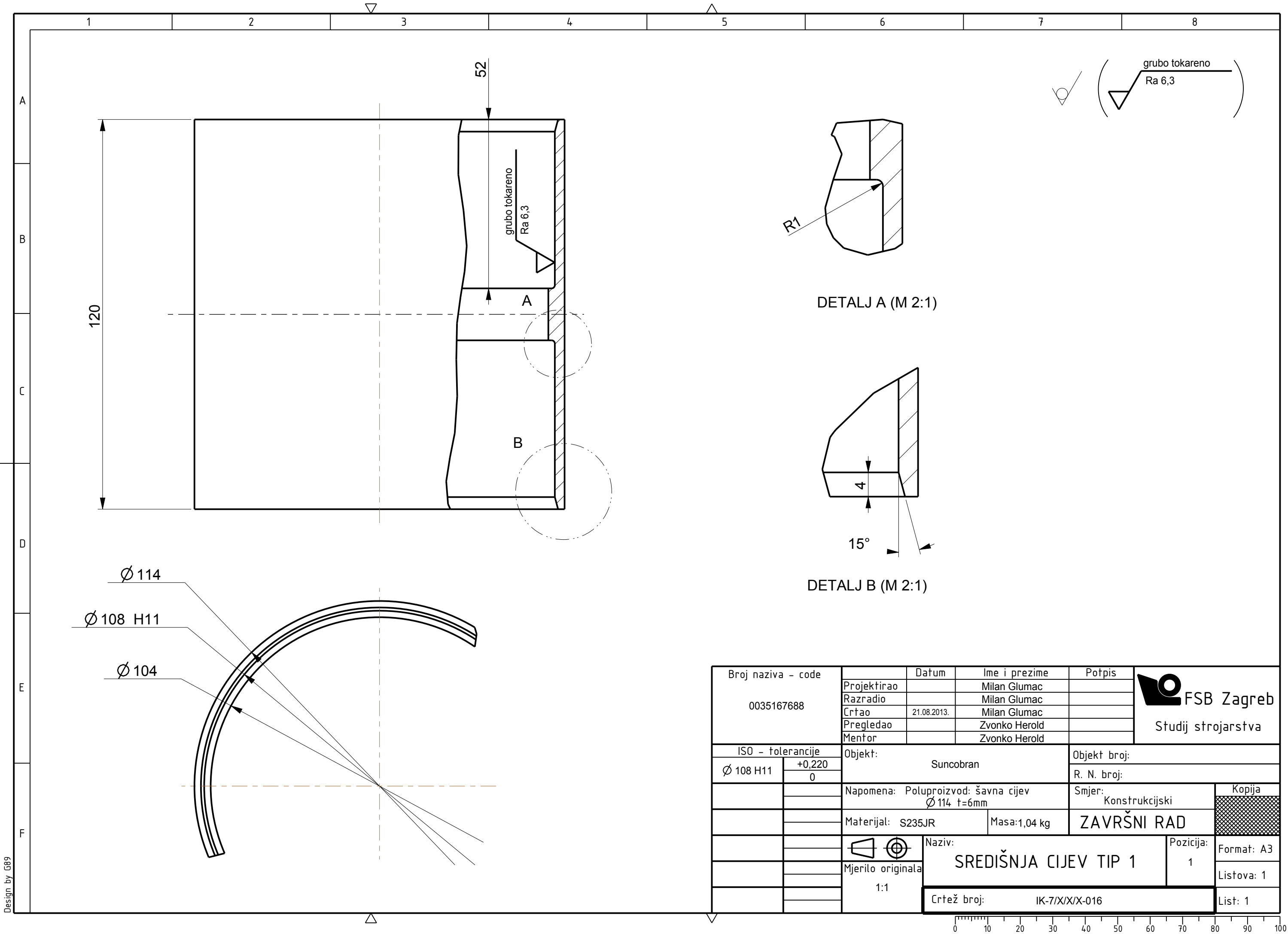
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	Milan Glumac			
		Razradio	Milan Glumac			
		Crtao	01.09.2013. Milan Glumac			
		Pregledao	Zvonko Herold			
		Mentor	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: šipka Ø 300			Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal: POM C Masa: 1,37 kg			ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: ŠEŠIR			Pozicija: 11	
		Mjerilo originala 1:2			Format: A4	
		Crtež broj: IK-0/X/X/X-013			Listova: 1	
					List: 1	

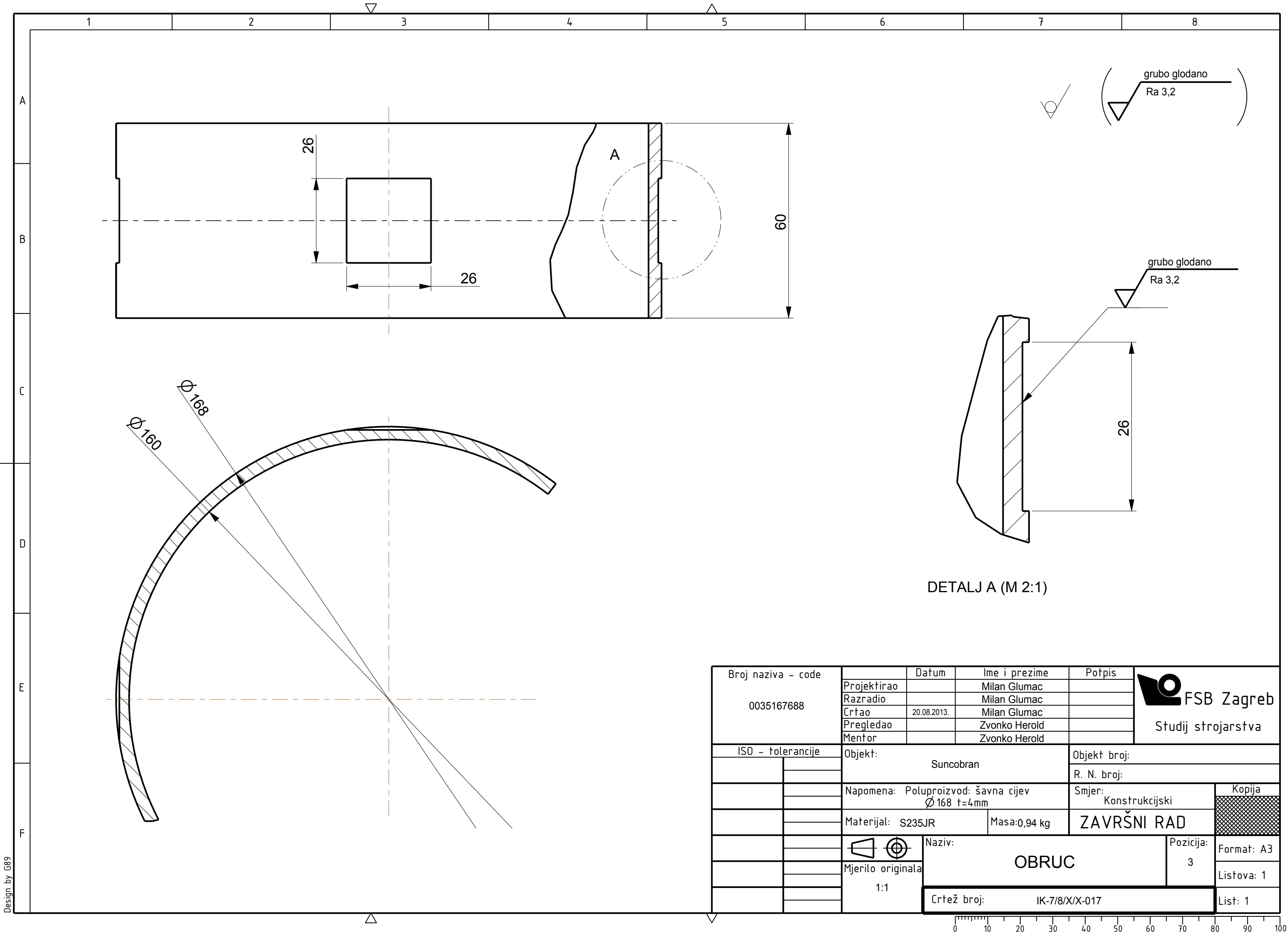


Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao			Milan Glumac		
		Razradio			Milan Glumac		
		Crtao		01.09.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao			Zvonko Herold		
		Mentor			Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:		
					R. N. broj:		
		Napomena: Poluproizvod: šipka Ø 40			Smjer: Konstrukcijski	Kopija	
		Materijal: S235JR		Masa: 0,35 kg	ZAVRŠNI RAD		
		 Naziv: NOGA					Pozicija: 12
					Mjerilo originala 1:1		
		Crtež broj: IK-0/X/X/X-014				Listova: 1	
						List: 1	

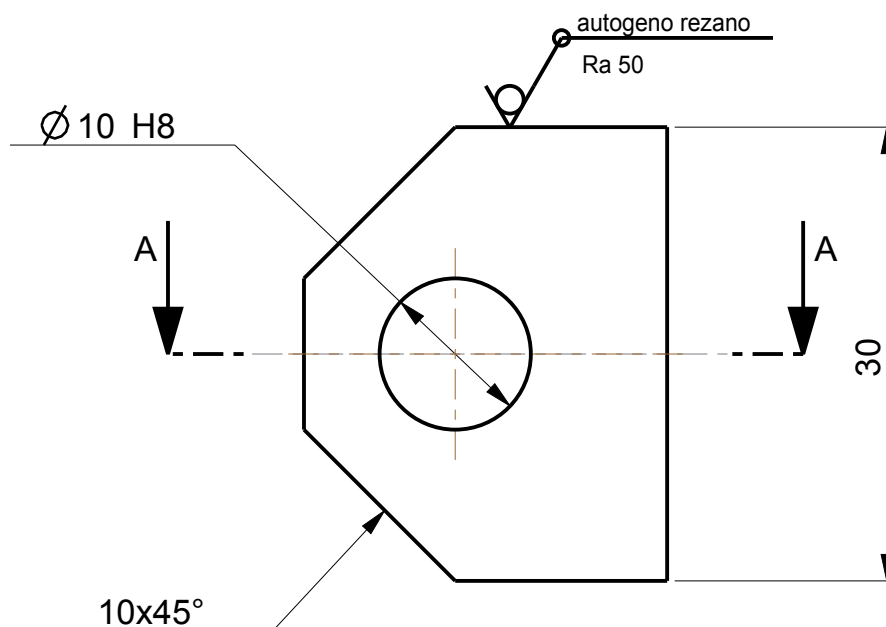


Broj naziva - code 0035167688		Datum		Ime i prezime		Potpis		 FSB Zagreb Studij strojarstva		
		Projektirao		Milan Glumac						
		Razradio		Milan Glumac						
		Crtao		01.09.2013.		Milan Glumac				
		Pregledao				Zvonko Herold				
		Mentor		Zvonko Herold						
ISO - tolerancije		Objekt:				Objekt broj:				
		Suncobran				R. N. broj:				
		Napomena:				Smjer:		Kopija		
						Konstrukcijski				
		Materijal: Beton		Masa: 15,21 kg		ZAVRŠNI RAD				
				Naziv:			Pozicija:		Format: A4	
		Mjerilo originala		UTEK			13		Listova: 1	
		1:5		Crtež broj:			IK-0/X/X-X-015		List: 1	

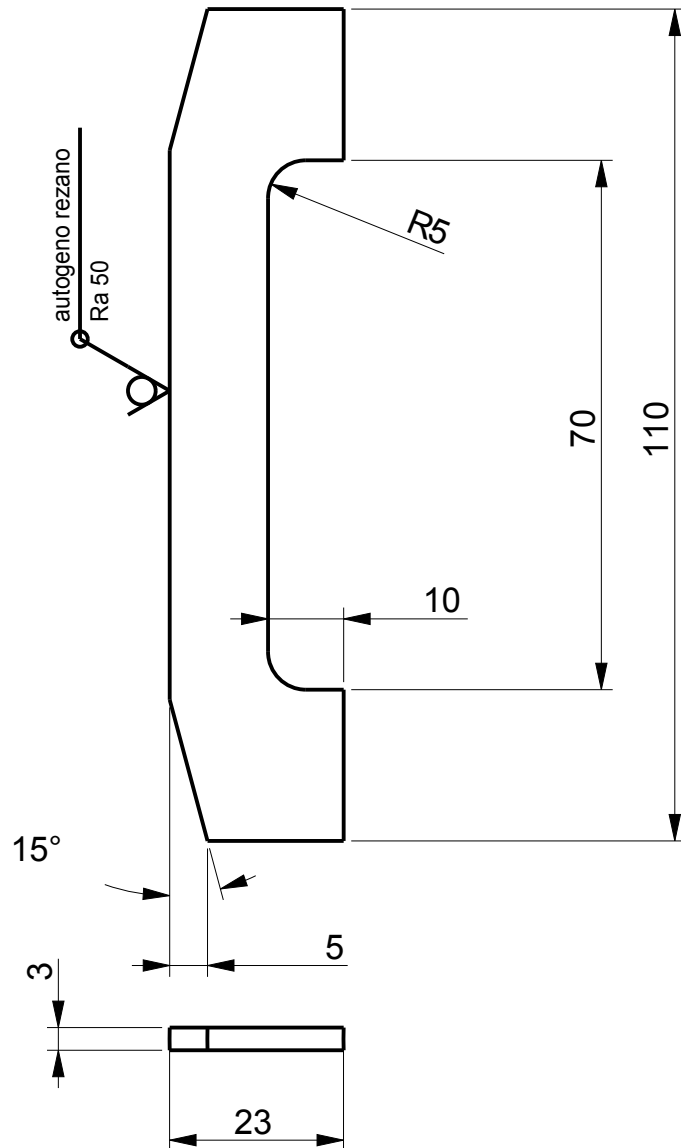
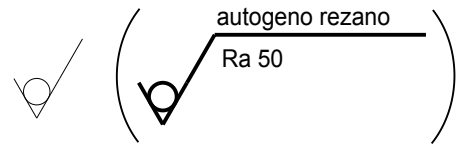




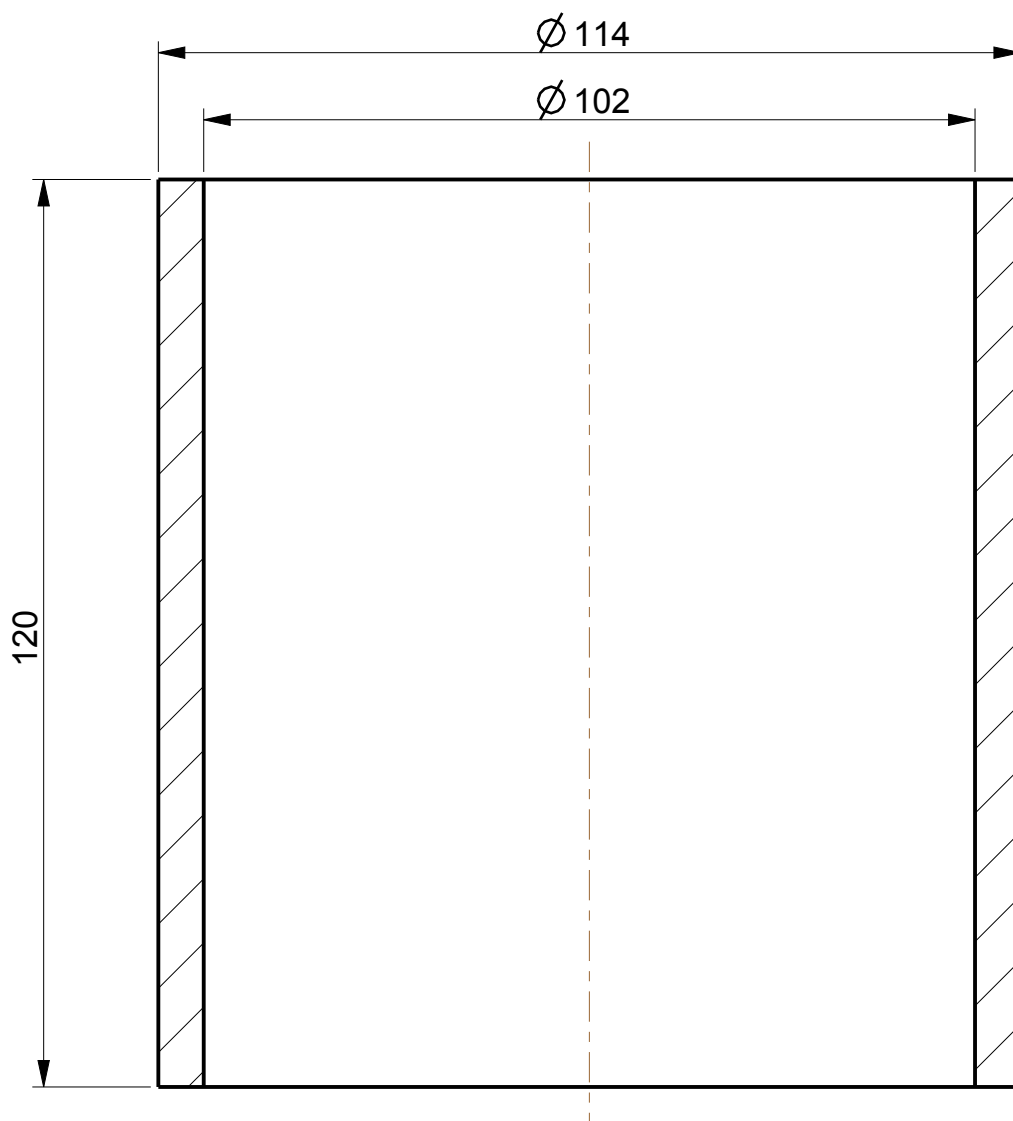
✓ (✓ autogeno rezano
Ra 50)



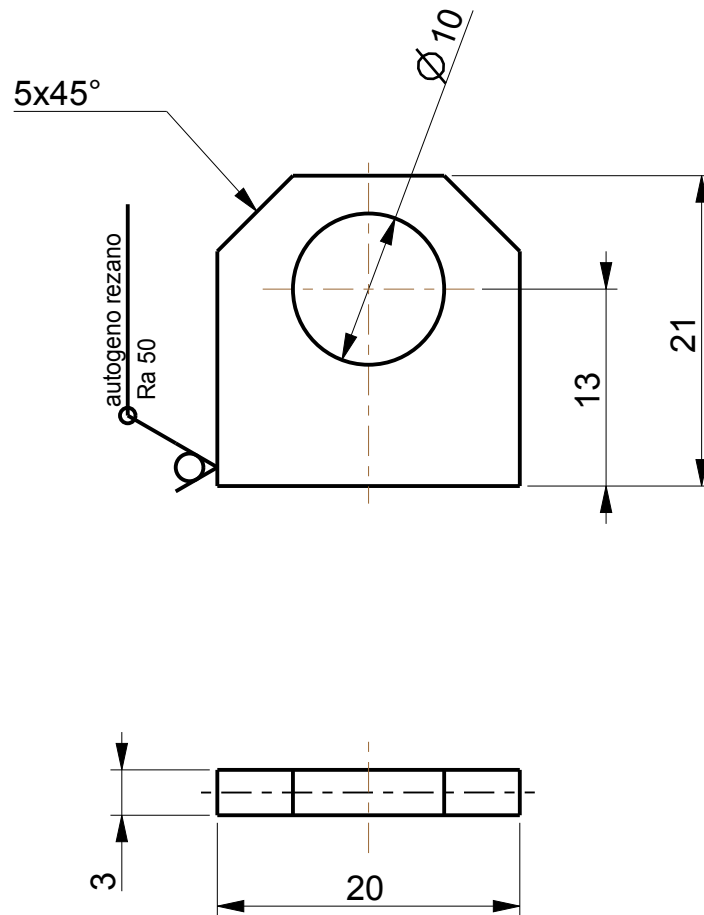
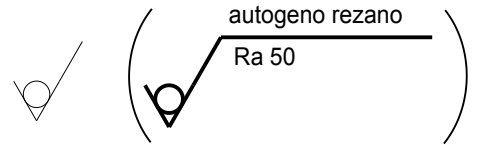
Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao			Milan Glumac		
		Razradio			Milan Glumac		
		Crtao		20.08.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao			Zvonko Herold		
		Mentor			Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:		
Ø 10 H8	+0,022 0				R. N. broj:		
		Napomena: Poluproizvod: toplovaljani lim t=3 mm			Smjer: Konstrukcijski	Kopija	
		Materijal: S235JR		Masa:0,01 kg	ZAVRŠNI RAD		
		 Naziv: ZGLOBNI LIM				Pozicija: 2	Format: A4
					Mjerilo originala 2:1		
		Crtež broj: IK-5/6/7/8-018				List: 1	

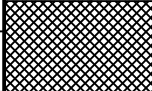


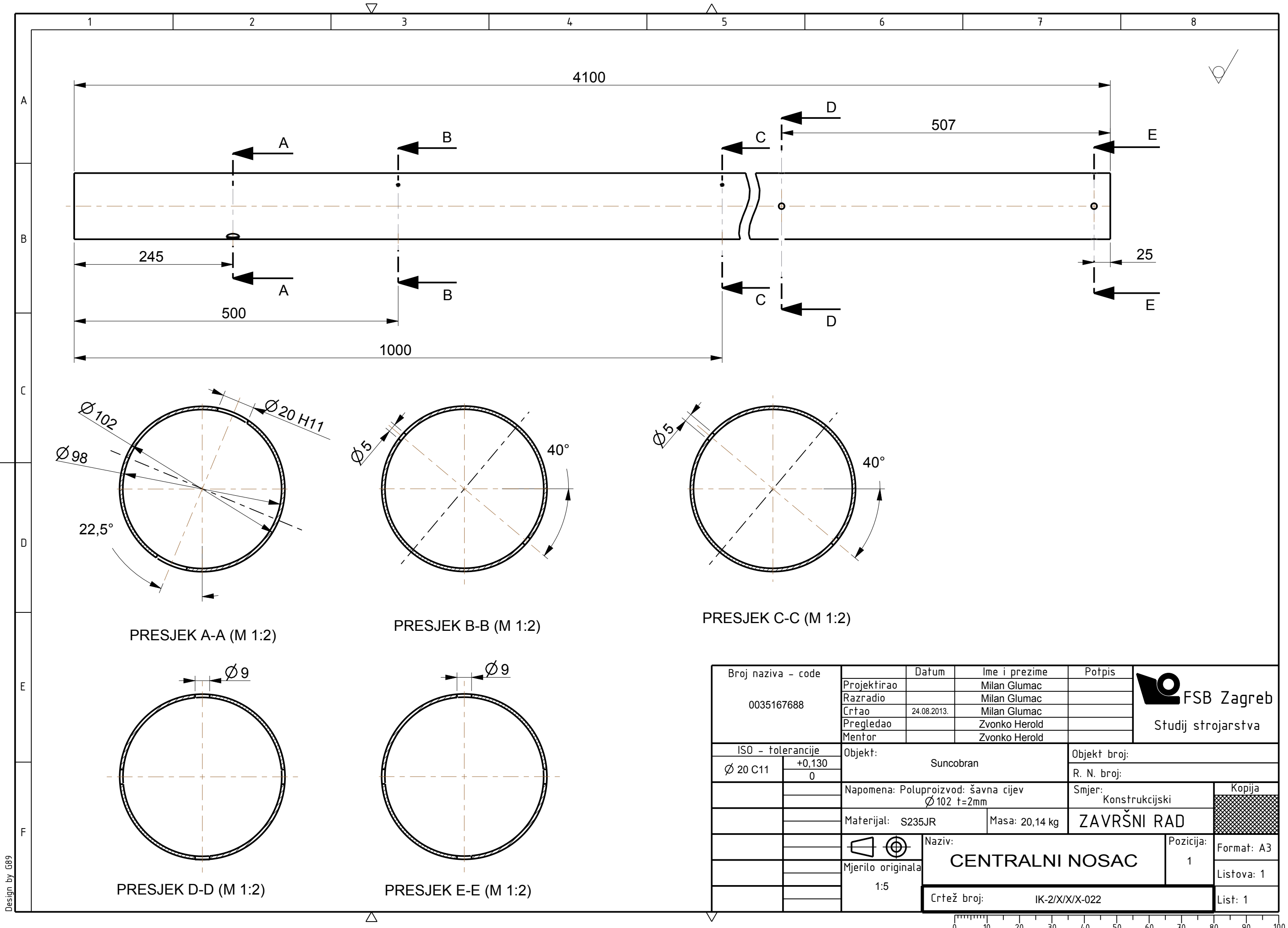
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
		Projektirao	Milan Glumac		
		Razradio	Milan Glumac		
		Crtao	20.08.2013.	Milan Glumac	
		Pregledao	Zvonko Herold		
		Mentor	Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran		Objekt broj:	
				R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: toplovaljani lim t=3 mm		Smjer: Konstrukcijski	Kopija
		Materijal: S235JR	Masa: 0,04 kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: SPOJNI LIM TIP 1		Pozicija: 3	
		Mjerilo originala 1:1		Format: A4	
		Crtež broj: IK-7/8/X-019		Listova: 1	
				List: 1	

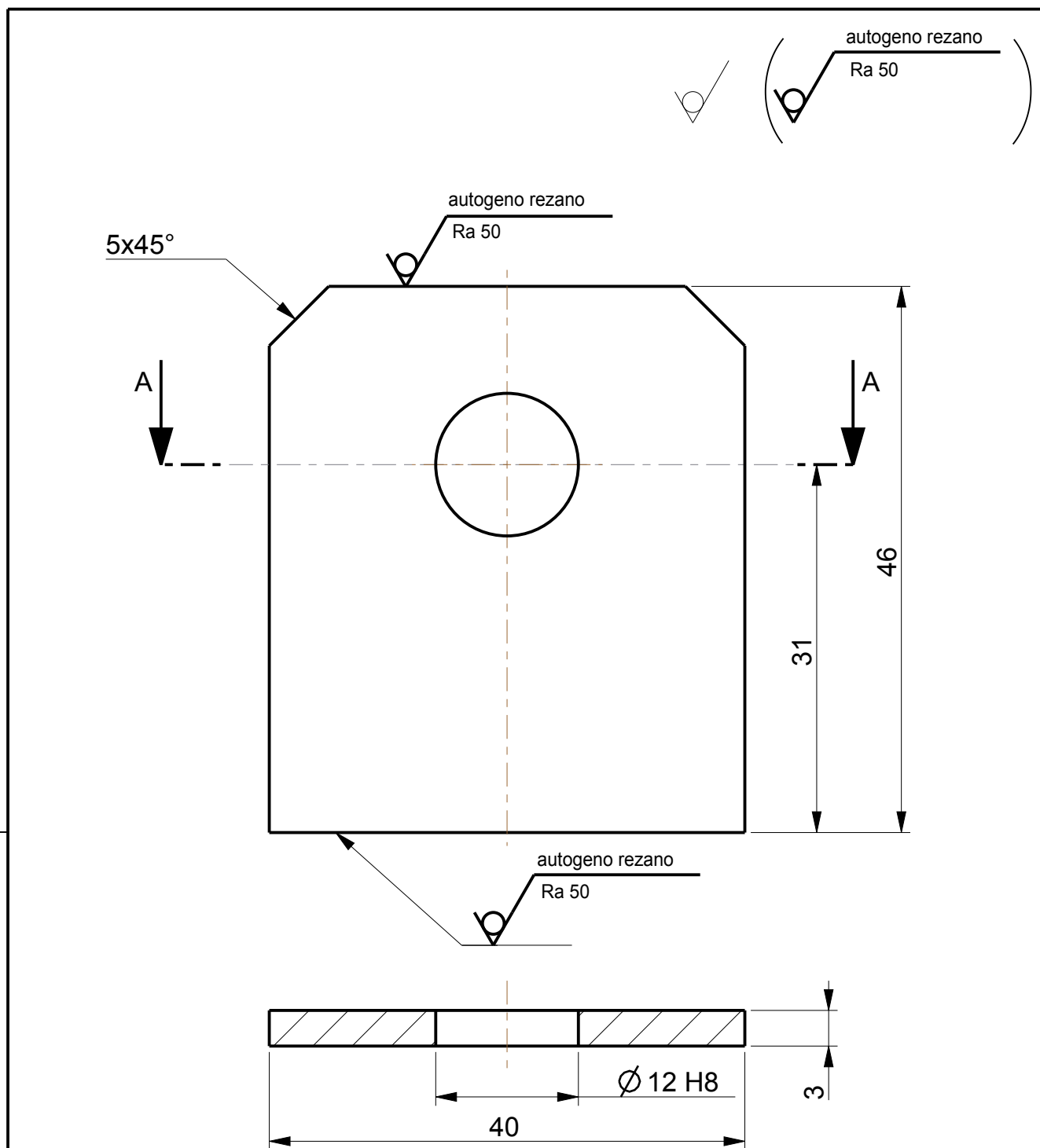




Broj naziva - code 0035167688	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
	Razradio		Milan Glumac		
	Crtao	23.08.2013.	Milan Glumac		
	Pregledao		Zvonko Herold		
	Mentor		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije	Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena: Poluproizvod: šavna cijev Ø 114 t=6 mm			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 1,88 kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: SREDIŠNJA CIJEV TIP 2			Pozicija: 1
	Mjerilo originala				Format: A4
	1:1	Crtež broj: IK-8/X/X-X-020			Listova: 1
					List: 1

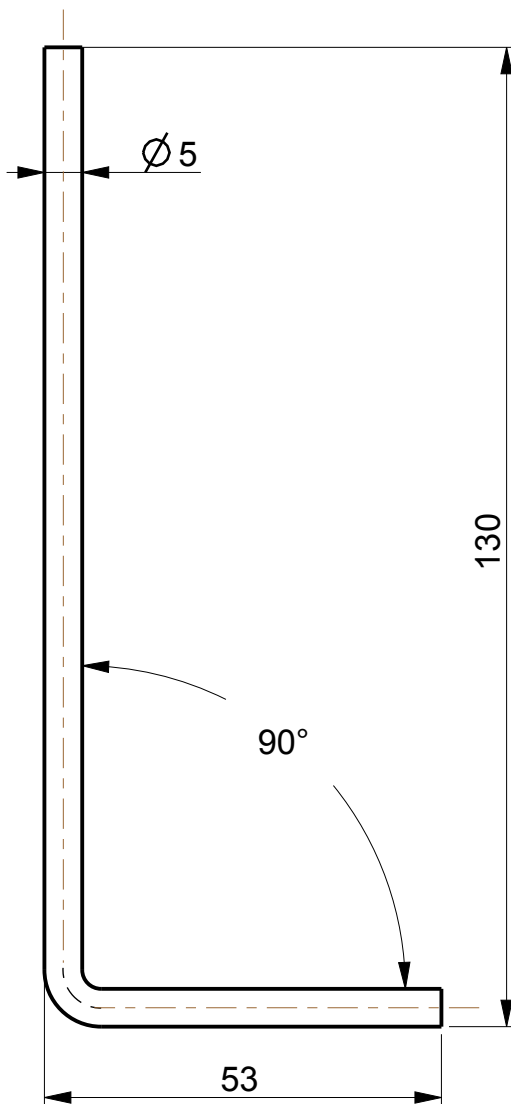



Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
		Projektirao	Milan Glumac		
		Razradio	Milan Glumac		
		Crtao	23.08.2013.	Milan Glumac	
		Pregledao	Zvonko Herold		
		Mentor	Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran		Objekt broj:	
				R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: toplovaljani lim t=3 mm		Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal: S235JR		Masa: 7,2 g	ZAVRŠNI RAD 
		Naziv: OVJESNI LIM		Pozicija: 5	
		Mjerilo originala 2:1		Format: A4	
		Crtež broj: IK-8/X/X-X-021		Listova: 1	
				List: 1	

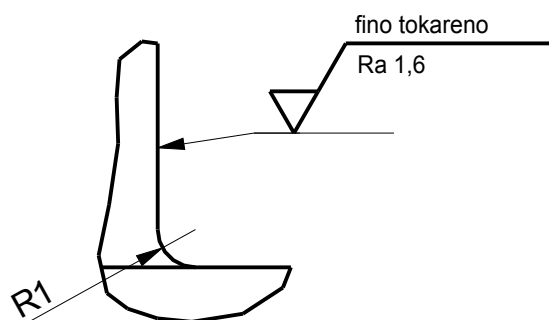
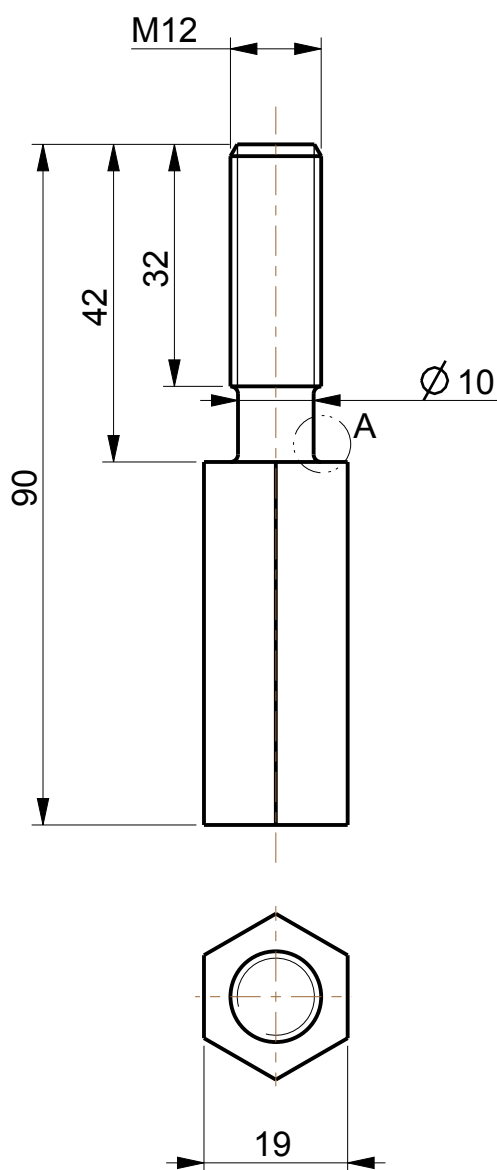
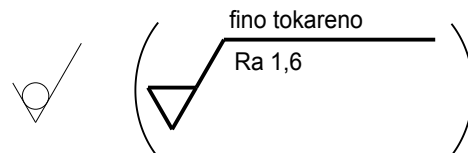




Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao			Milan Glumac		
		Razradio			Milan Glumac		
		Crtao		26.08.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao			Zvonko Herold		
		Mentor			Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:		
Ø 12 H8	+0,027 0				R. N. broj:		
		Napomena: Poluproizvod: toplovaljani lim t=3mm			Smjer: Konstrukcijski	Kopija	
		Materijal: S235JR		Masa: 0,04 kg	ZAVRŠNI RAD		
		 Naziv: NOSAC UŽNICE					Pozicija: 2
					Mjerilo originala 2:1	Crtež broj: IK-2/X/X/X-023	
						Listova: 1	
						List: 1	

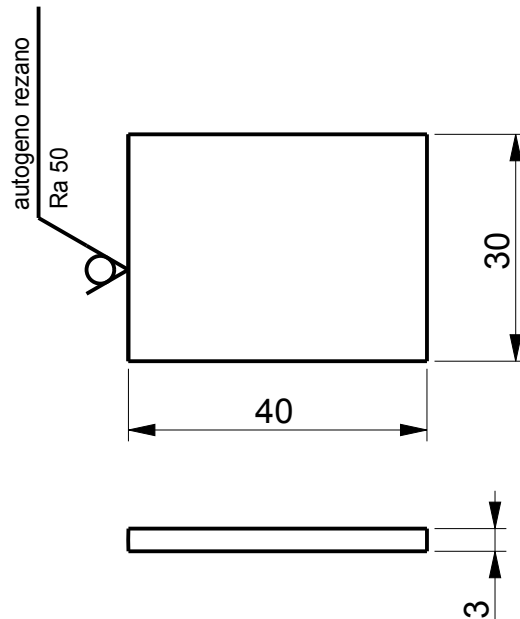
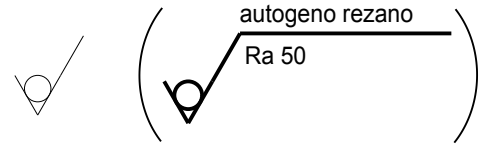


Broj naziva - code 0035167688	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
	Razradio		Milan Glumac		
	Crtao	24.08.2013.	Milan Glumac		
	Pregledao		Zvonko Herold		
	Mentor		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije	Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena: Poluproizvod: šipka Ø 5			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 0,028 kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: ŠIPKA ZA NAMATANJE			Pozicija: 3
	Mjerilo originala 1:1				Format: A4
		Crtež broj: IK-2/X/X/X-024			Listova: 1
					List: 1

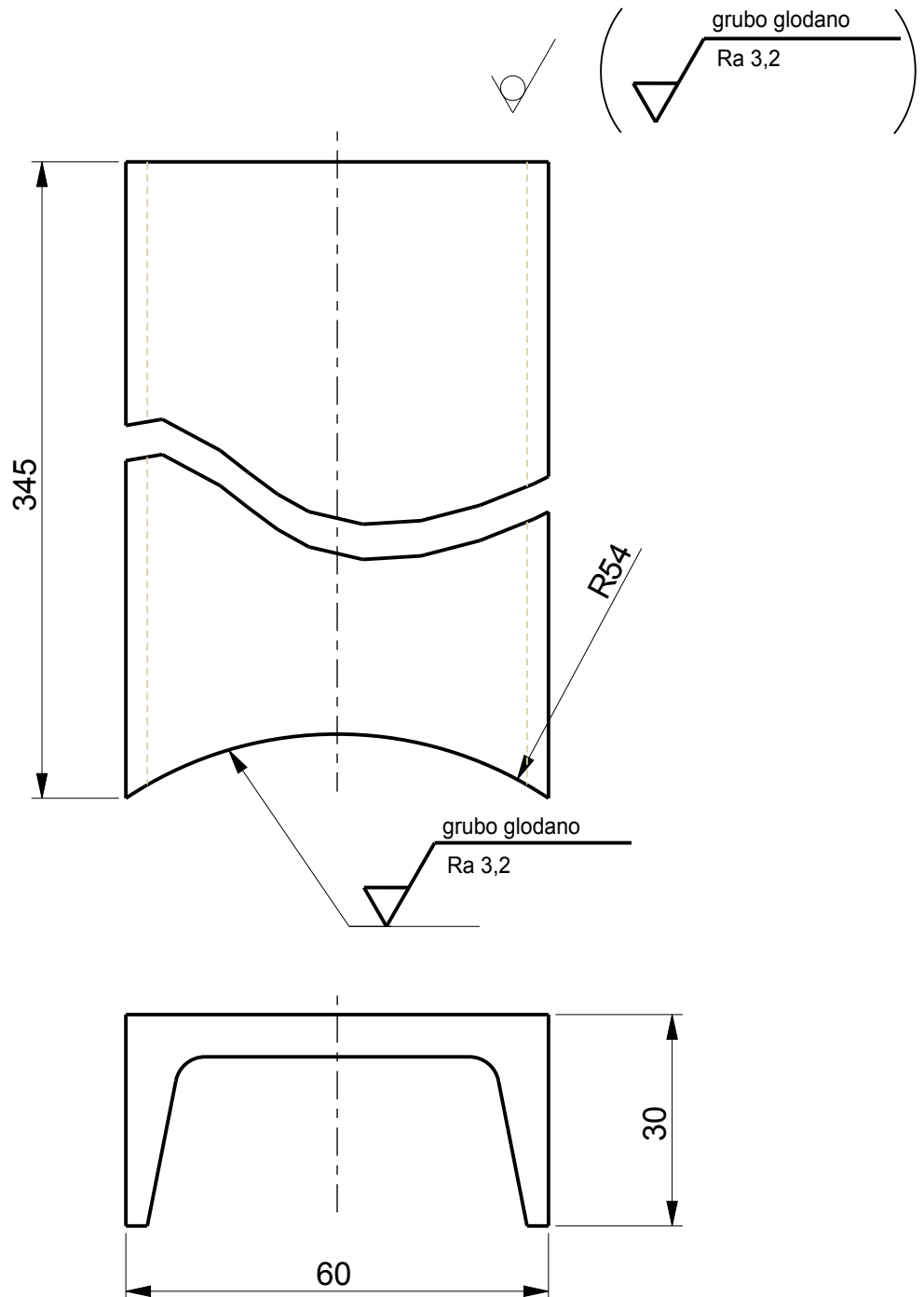


DETALJ A (M 5:1)

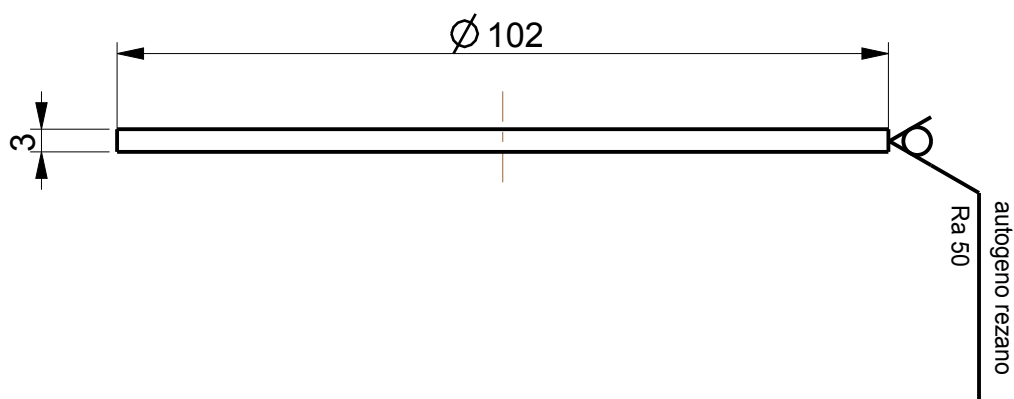
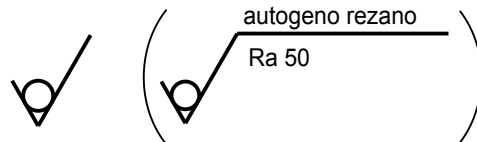
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
		Projektirao	Milan Glumac		
		Razradio	Milan Glumac		
		Crtao	25.08.2013.	Milan Glumac	
		Pregledao	Zvonko Herold		
		Mentor	Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran		Objekt broj:	
				R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: šesterokutna šipka OK 19		Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal: C.3390.5		Masa: 0,17 kg	
				ZAVRŠNI RAD	
		 Naziv:		Pozicija:	
		Mjerilo originala		4	
		1:1		Format: A4	
		Crtež broj: IK-2/X/X/X-025		Listova: 1	
				List: 1	



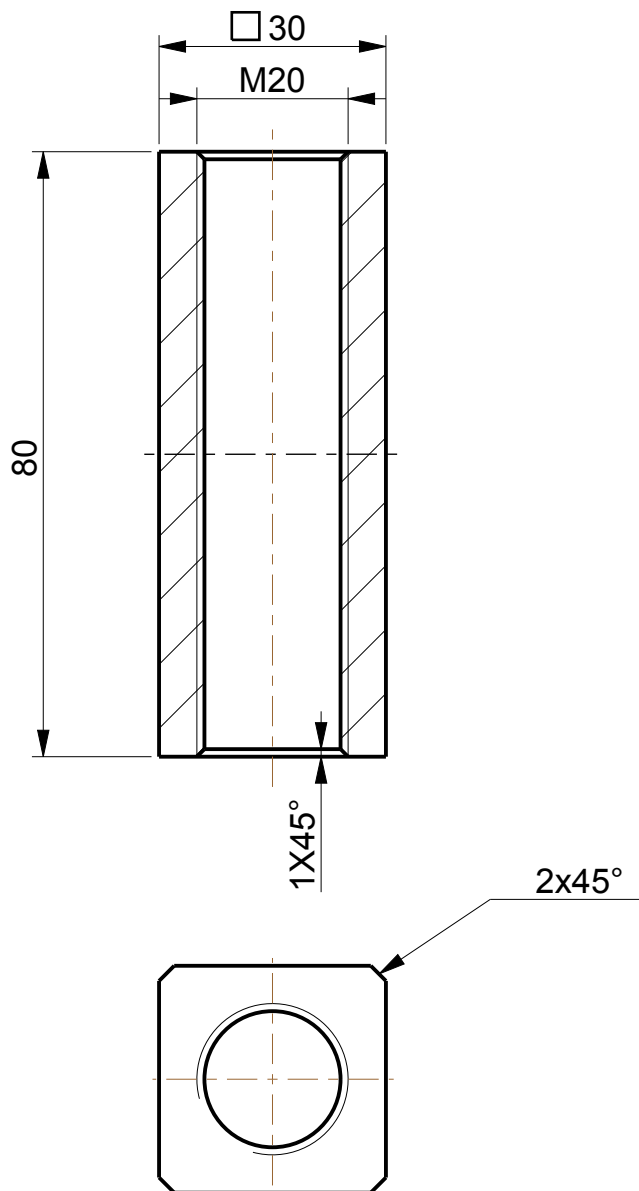
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	Milan Glumac			
		Razradio	Milan Glumac			
		Crtao	26.08.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao	Zvonko Herold			
		Mentor	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
		Napomena: Poluproizvod: toplovaljani lim t=3 mm		Smjer: Konstrukcijski	Kopija	
		Materijal: S235JR	Masa: 27 g	ZAVRŠNI RAD		
		 Naziv:	SPOJNI LIM TIP 2		Pozicija: 5	
		Mjerilo originala 1:1			Format: A4	
		Crtež broj: IK-2/X/X/X-026			Listova: 1	
					List: 1	


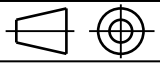


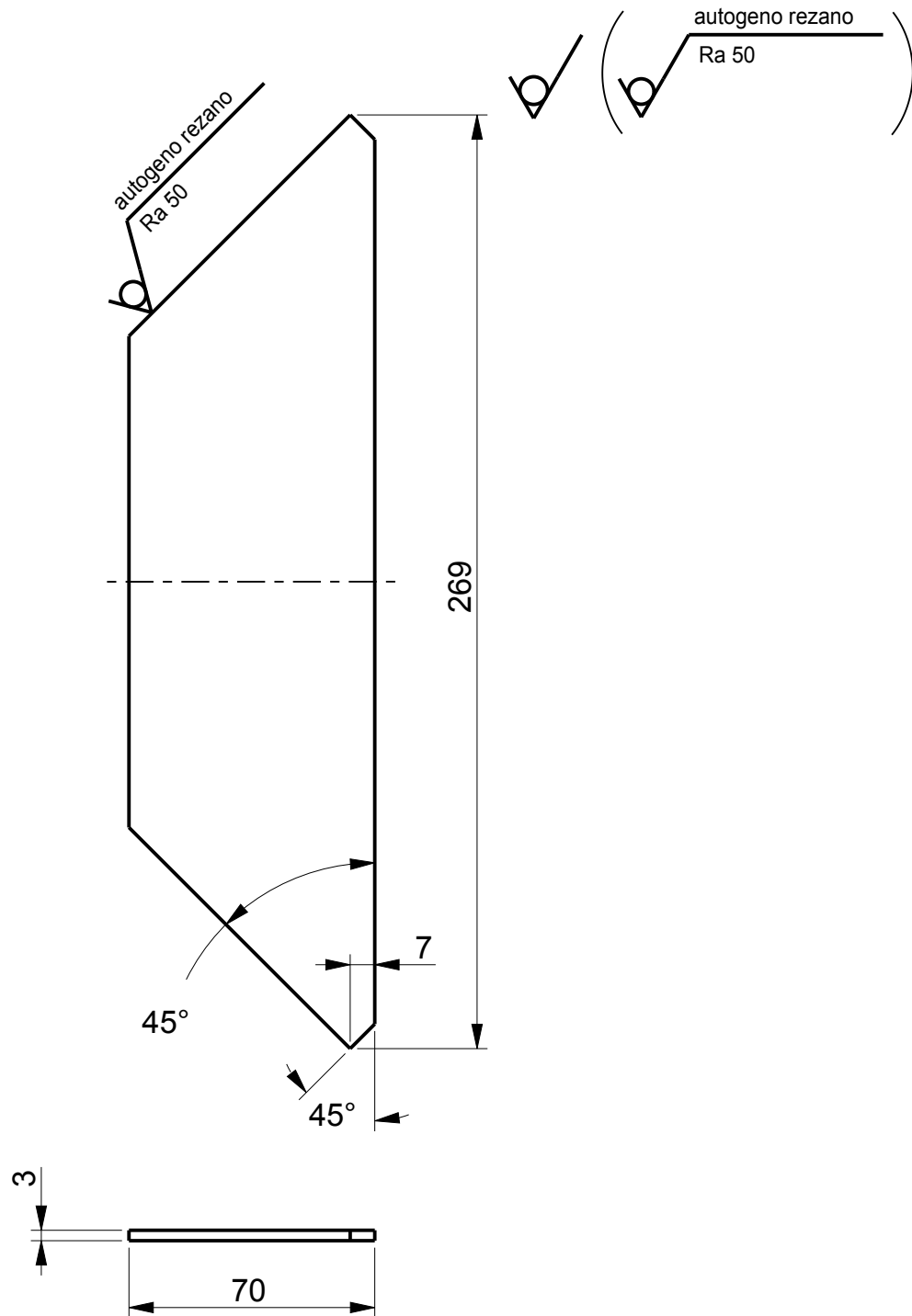
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	Milan Glumac			
		Razradio	Milan Glumac			
		Crtao	16.08.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao	Zvonko Herold			
		Mentor	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
		Suncobran		R. N. broj:		
		Napomena:		Smjer:		
		Poluproizvod:		Konstrukcijski		
		U profil 60x30 mm		Kopija		
		Materijal: S235JR		Masa: 1,67 kg		
		ZAVRŠNI RAD				
		Naziv:		Pozicija:		
		U PROFIL STALKA		1		
		Mjerilo originala		Format: A4		
		1:1		Listova: 1		
		Crtež broj:		List: 1		
		IK-1/X/X-X-027				



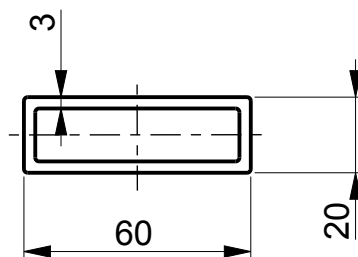
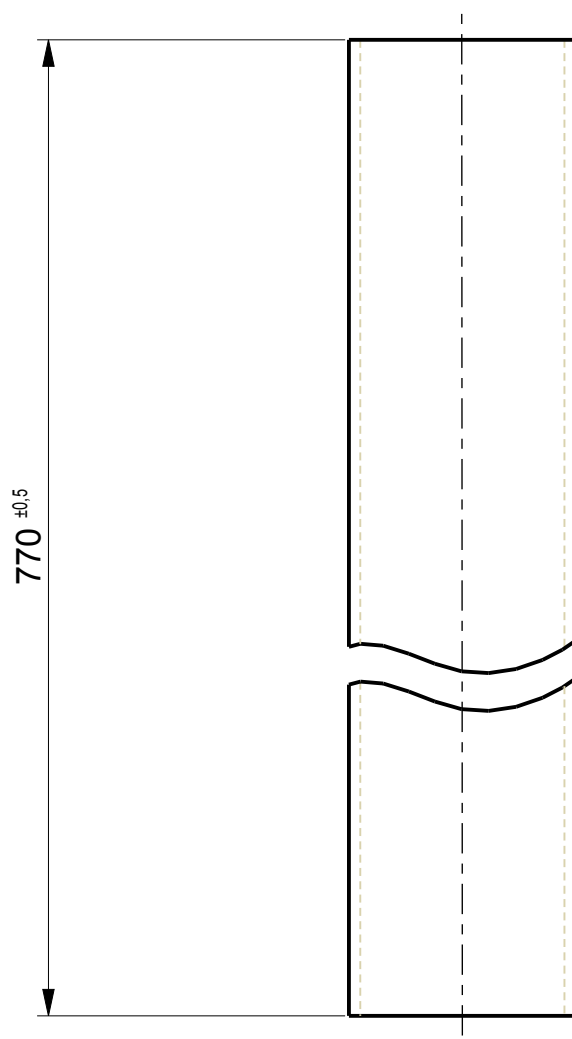
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
		Projektirao	Milan Glumac		
		Razradio	Milan Glumac		
		Crtao	18.08.2013.	Milan Glumac	
		Pregledao	Zvonko Herold		
		Mentor	Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
		Suncobran		R. N. broj:	
		Napomena:		Smjer:	
		Poluproizvod:		Konstrukcijski	
		toplovaljani lim t=3 mm		Kopija	
		Materijal: S235JR		ZAVRŠNI RAD	
		Masa: 0,2 kg			
		Naziv:		Pozicija:	
		TEMELJNA PLOCICA		2	
		Mjerilo originala		Format: A4	
		1:1		Listova: 1	
		Crtež broj:		List: 1	
		IK-1/X/X/X-028			



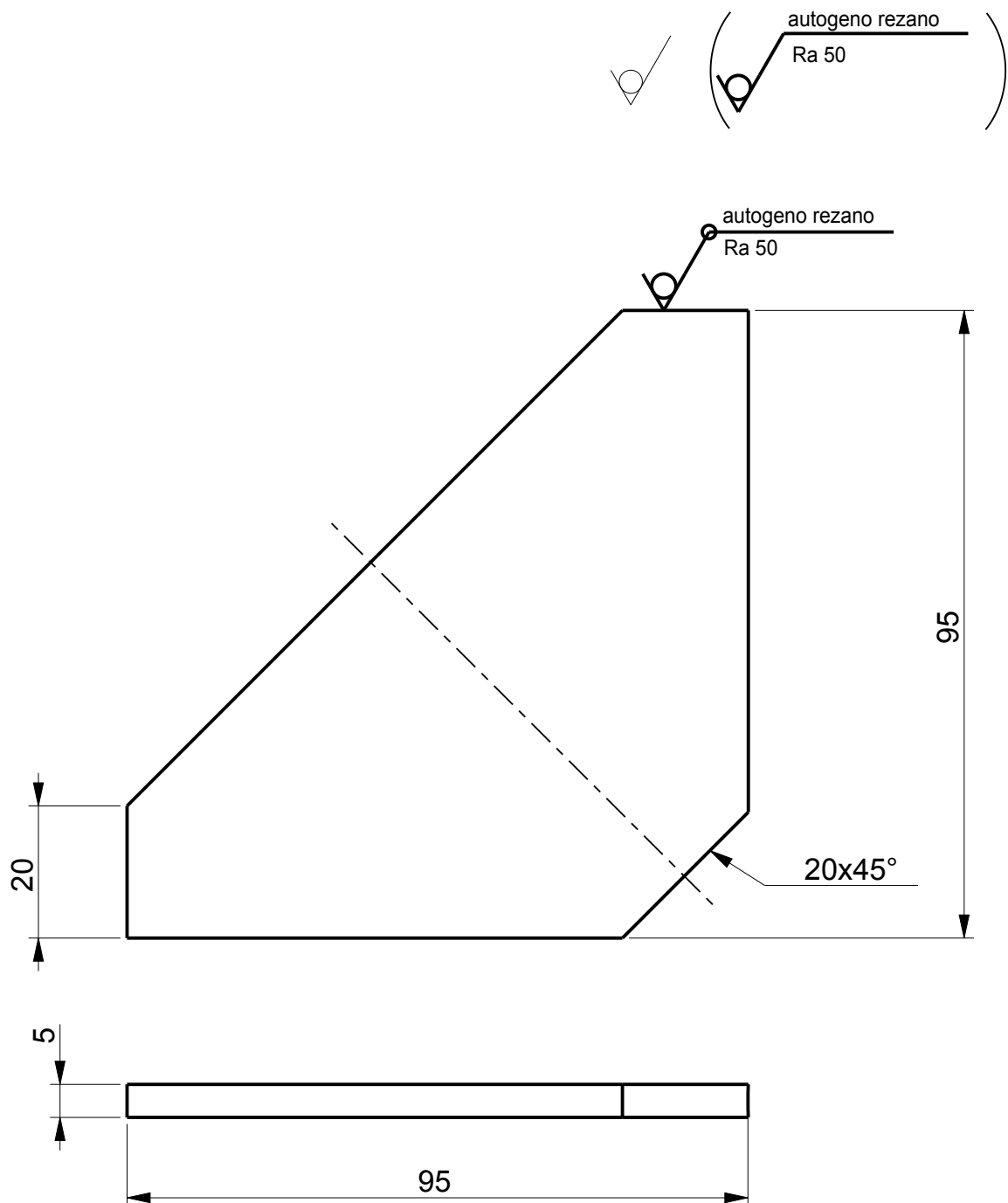
Broj naziva - code 0035167688	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
	Razradio		Milan Glumac		
	Crtao	18.08.2013.	Milan Glumac		
	Pregledao		Zvonko Herold		
	Mentor		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije	Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena: Poluproizvod: kvadratna šipka □ 20 mm			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 0,4 kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: CAHURA			Pozicija: 3
	Mjerilo originala				Format: A4
	1:1	Crtež broj: IK-1/X/X/X-029			Listova: 1
					List: 1



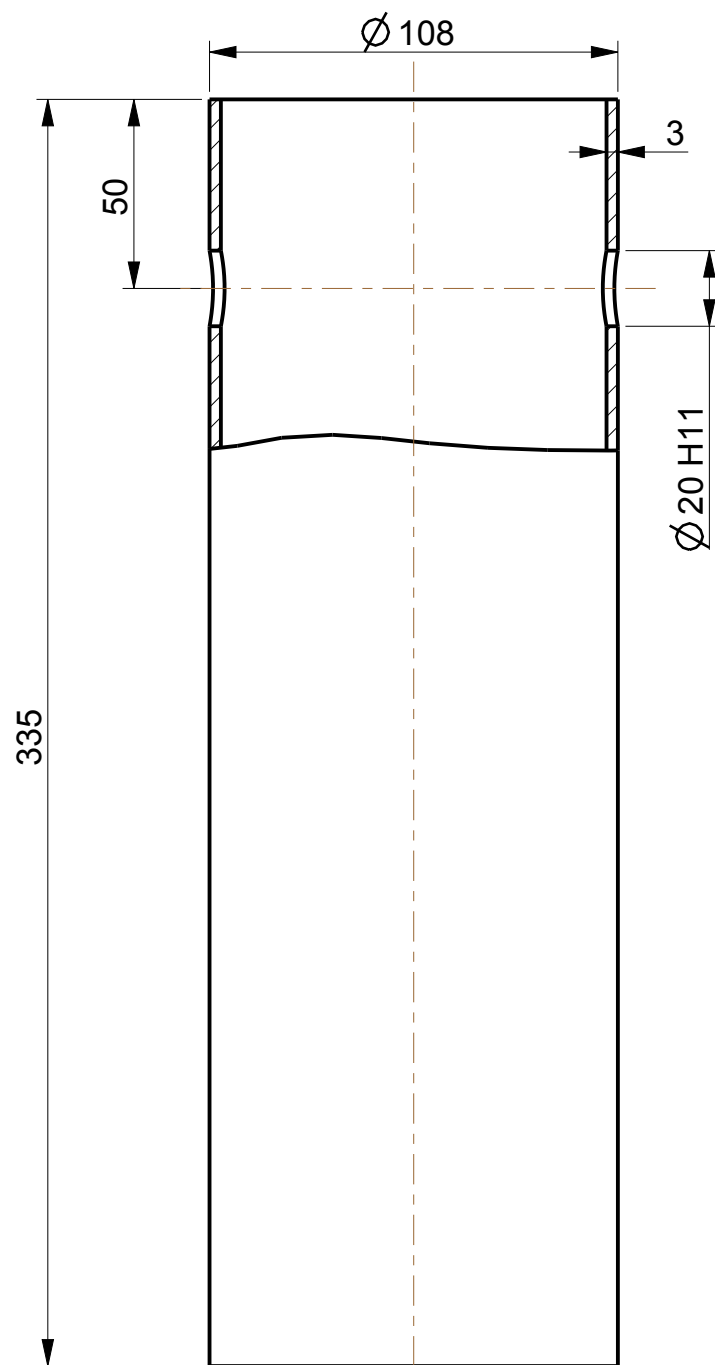
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
		Projektirao	Milan Glumac		
		Razradio	Milan Glumac		
		Crtao	18.08.2013.	Milan Glumac	
		Pregledao	Zvonko Herold		
		Mentor	Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran		Objekt broj:	
				R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: toplovaljana traka 70x3 mm		Smjer: Konstrukcijski	Kopija
		Materijal: S235JR	Masa: 0,35 kg	ZAVRŠNI RAD	
		 Naziv: NOSAC UTEGA	Pozicija: 4		Format: A4
		Mjerilo originala 1:2			Listova: 1
		Crtež broj: IK-1/X/X/X-030			List: 1



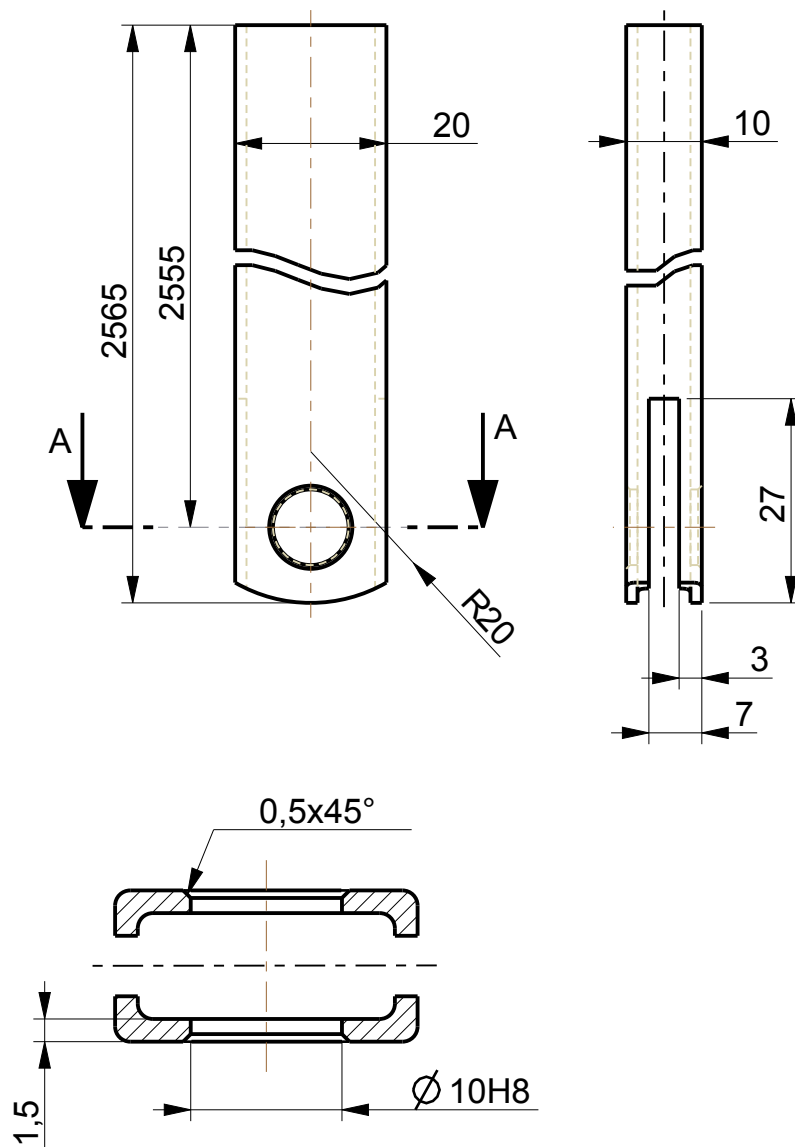
Broj naziva - code 0035167688	Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
	Razradio		Milan Glumac		
	Crtao	16.08.2013.	Milan Glumac		
	Pregledao		Zvonko Herold		
	Mentor		Zvonko Herold		
ISO - tolerancije	Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena: Poluproizvod: pravkutna šavna cijev 20x60 mm			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: S235JR		Masa: 2,68 kg	ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: CIJEV OKVIRA			Pozicija: 5
	Mjerilo originala				Format: A4
	1:2				Listova: 1
	Crtež broj: IK-1/X/X-X-031				List: 1




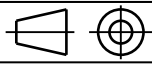
Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	Milan Glumac			
		Razradio	Milan Glumac			
		Crtao	18.08.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao	Zvonko Herold			
		Mentor	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
		Napomena: Poluproizvod: toplovaljani lim t=5 mm		Smjer: Konstrukcijski		
		Materijal: S235JR		Masa: 0,23 kg	ZAVRŠNI RAD 	
		Naziv: REBRO		Pozicija: 6		
		Mjerilo originala 1:1		Format: A4		
		Crtež broj: IK-1/X/X/X-032		Listova: 1		
				List: 1		

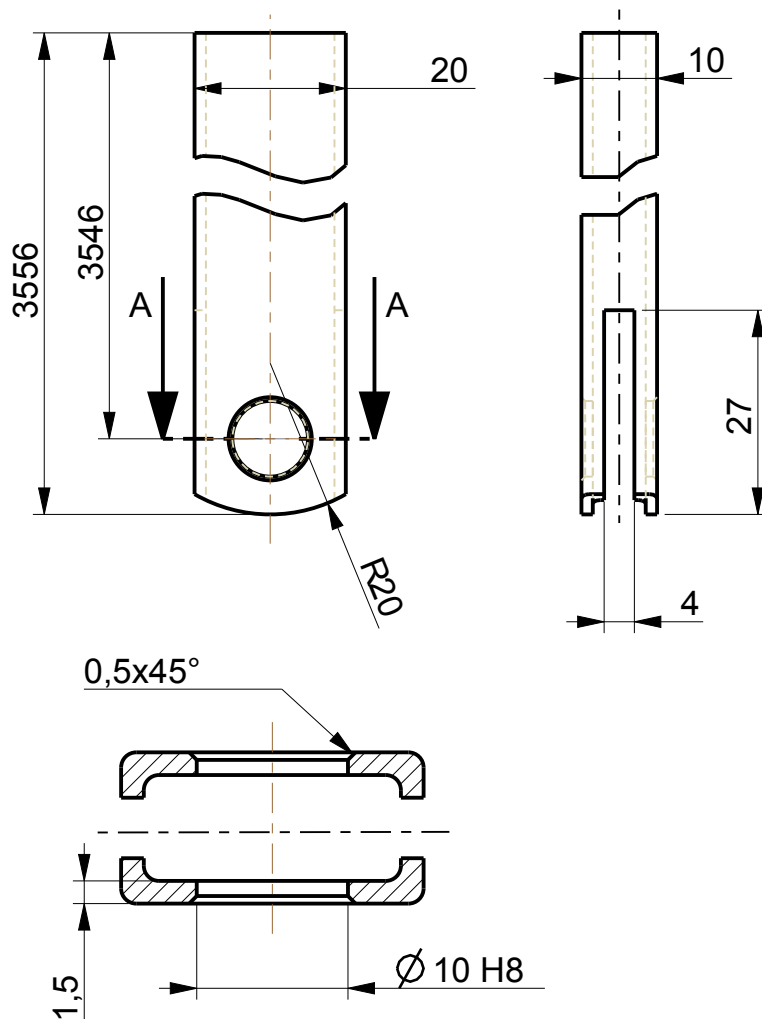


Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
		Projektirao	Milan Glumac		
		Razradio	Milan Glumac		
		Crtao	18.08.2013.	Milan Glumac	
		Pregledao	Zvonko Herold		
		Mentor	Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:	
$\varnothing 20 H11$	+0,130 0	Suncobran		R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: šavna cijev $\varnothing 108$, $t=3\text{mm}$		Smjer: Konstrukcijski	Kopija
		Materijal: S235JR	Masa: 2,58 kg	ZAVRŠNI RAD	
		 Naziv:	ULOŽNA CIJEV		Pozicija: 7
		Mjerilo originala 1:2	Crtež broj: IK-1/X/X-X-033		Format: A4
					Listova: 1
					List: 1


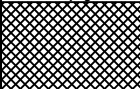



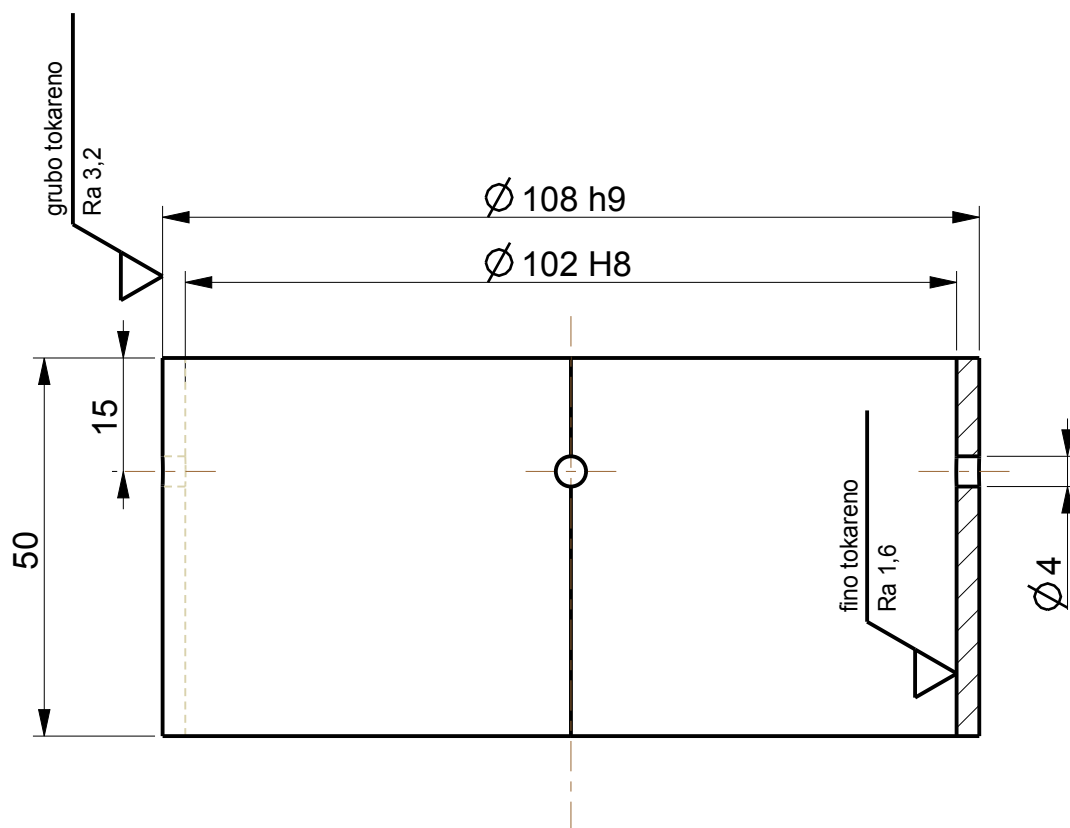
PRESJEK A-A (M 2:1)

Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	Milan Glumac			
		Razradio	Milan Glumac			
		Crtao	25.08.2013. Milan Glumac			
		Pregledao	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
Ø 10 H8	+0,022 0				R. N. broj:	
		Napomena: Poluproizvod: pravokutna šavna cijev 20x10x1,5			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
		Materijal: S235JR		Masa: 1,62 kg	ZAVRŠNI RAD	
		 Mjerilo originala 1:1	Naziv: NOSAC TIP 1			Format: A4
			Crtež broj: IK-5/X/X-034			Listova: 1
						List: 1



PRESJEK A-A (M 2:1)

Broj naziva - code 0035167688			Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao			Milan Glumac		
		Razradio			Milan Glumac		
		Crtao		25.08.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao			Zvonko Herold		
		Mentor			Zvonko Herold		
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:		
Ø 10 H8	+0,022				R. N. broj:		
	0						
		Napomena: Poluproizvod: pravokutna šavna cijev 20x10x1,5			Smjer: Konstrukcijski	Kopija	
		Materijal: S235JR			Masa:2,25 kg	ZAVRŠNI RAD	
				Naziv: NOSAC TIP 2			
		Mjerilo originala 1:1				Crtež broj: IK-6/X/X/X-035	
				List: 1			

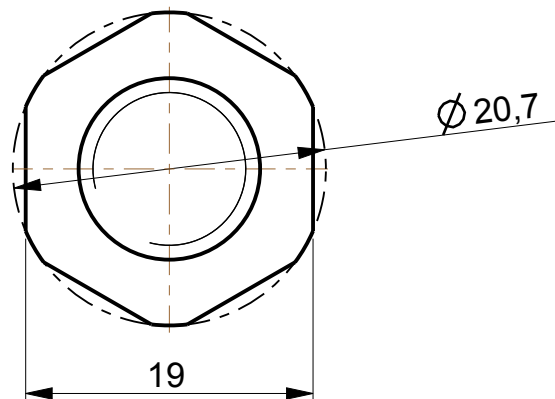
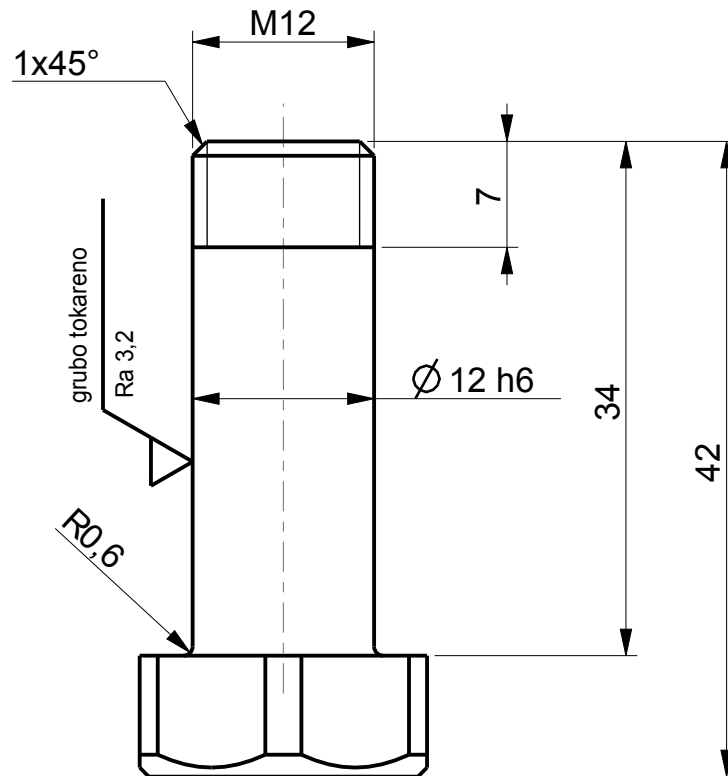



Broj naziva - code 0035167688		Datum		Ime i prezime		Potpis		 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao		Milan Glumac					
		Razradio		Milan Glumac					
		Crtao		27.08.2013.		Milan Glumac			
		Pregledao		Zvonko Herold					
		Mentor		Zvonko Herold					
ISO - tolerancije		Objekt:				Objekt broj:			
Ø 102 H8		+0,054		Suncobran				R. N. broj:	
		0							
Ø 108 h9		0		Napomena:				Smjer:	
		-0,087						Konstrukcijski	
				Materijal: POM C		Masa: 0,07 kg		ZAVRŠNI RAD	
				 Naziv:				Pozicija:	
								2	
				Mjerilo originala 1:1				Listova: 1	
								List: 1	
				Crtež broj:				IK-3/X/X/X-036	

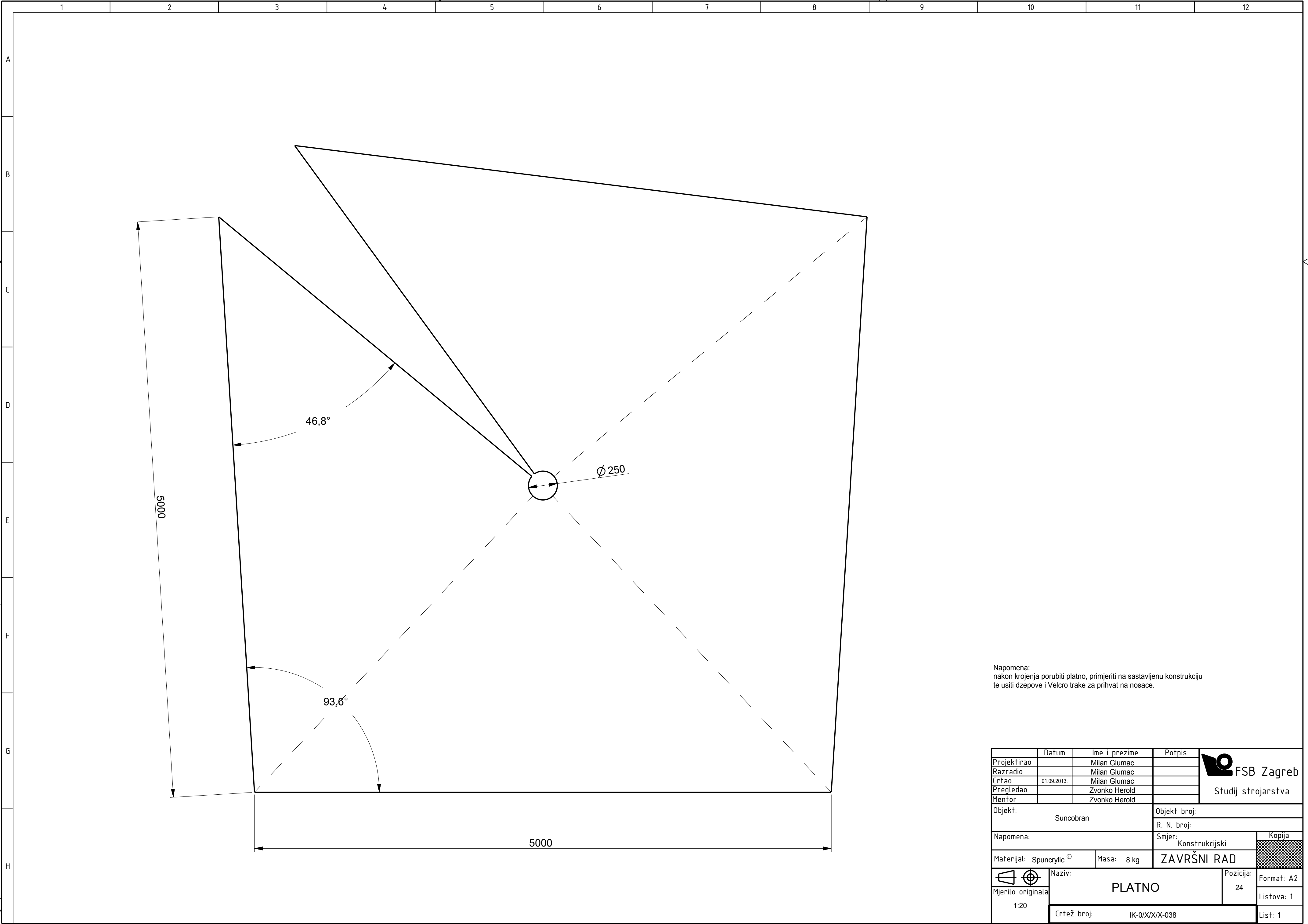
KLIZNI CILINDAR



(grubo tokareno
Ra 3.2)



Broj naziva - code 0035167688		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva	
		Projektirao	Milan Glumac			
		Razradio	Milan Glumac			
		Crtao	29.08.2013.	Milan Glumac		
		Pregledao	Zvonko Herold			
		Mentor	Zvonko Herold			
ISO - tolerancije		Objekt: Suncobran			Objekt broj:	
Ø 12 h6	0				R. N. broj:	
	-0,011					
		Napomena: Poluproizvod: šipka OK 19			Smjer: Konstrukcijski	
		Materijal: C.3990.5			Masa: 0,05 kg	
					ZAVRŠNI RAD	
		Naziv: OSOVINA			Pozicija: 4	
		Mjerilo originala 2:1			Format: A4	
		Crtež broj: IK-3/4/X/X-037			Listova: 1	
					List: 1	



Napomena:
nakon krojenja porubiti platno, primjeriti na sastavljenu konstrukciju
te usiti dzepove i Velcro trake za prihvat na nosace.

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb Studij strojarstva
Projektirao		Milan Glumac		
Razradio		Milan Glumac		
Crtao	01.09.2013.	Milan Glumac		
Pregledao		Zvonko Herold		
Mentor		Zvonko Herold		
Objekt:		Objekt broj:		
Suncobran		R. N. broj:		
Napomena:		Smjer:	Konstruktivski	Kopija
Materijal: Spuncrylic [®]		Masa: 8 kg	ZAVRŠNI RAD	
	Naziv:		Pozicija:	Format: A2
Mjerilo originala	PLATNO		24	Listova: 1
1:20	Crtež broj:		IK-0/X/X/X-038	
			List: 1	